



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JAKARTA  
*COMMUNITY STADIUM* DENGAN TRIBUN  
MENGUNAKAN METODA BETON PRACETAK  
PRATEGANG**

IGNATIUS DIMAS WICAKSONO WITAN  
3113100061

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA  
Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JAKARTA  
COMMUNITY STADIUM DENGAN TRIBUN  
MENGUNAKAN METODA BETON PRACETAK  
PRATEGANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**IGNATIUS DIMAS WICAKSONO WITAN**  
NRP. 3113 100 061

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

2. Tavo, Prof. S.T., M.T., Ph.D

**SURABAYA**  
**JUNI 2017**

# **DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JAKARTA COMMUNITY STADIUM DENGAN TRIBUN MENGUNAKAN METODA BETON PRACETAK PRATEGANG**

**Nama Mahasiswa** : Ignatius Dimas Wicaksono Witan  
**NRP** : 3113100061  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA  
Tavio, Prof. S.T., M.T., Ph.D

## **Abstrak**

*Dalam merencanakan sebuah bangunan stadion diperlukan adanya ketelitian dari pihak perencana, hal ini disebabkan karena nantinya setelah stadion tersebut selesai dibangun, stadion tersebut akan menjadi tempat terselenggaranya suatu acara / event besar yang dihadiri oleh puluhan ribu orang, sebagai contohnya adalah tentu saja sebuah pertandingan sepak bola. Kesalahan dalam proses perencanaan tentu saja tidak boleh terjadi, karena fungsi stadion merupakan bangunan yang memikul beban berat, sehingga apabila terjadi kesalahan dalam proses perencanaan tentu saja akan berakibat fatal.*

*Pada Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan sebuah bangunan stadion menggunakan metode beton pracetak pratekan yang sekarang sedang berkembang di Indonesia. Perencanaan dengan metode ini mengharuskan perencananya merencanakan bangunan tersebut dengan matang sebelum akhirnya ke tahap pelaksanaan, diakibatkan karena tidak dimungkinkannya adanya perubahan komponen jika sudah pada tahap pelaksanaan.*

*Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan bahwa keberadaan sistem pratekan pada tribun stadion dapat menghemat ukuran penampang sehingga berat struktur yang didapatkan menjadi lebih ringan dan optimum.*

***Kata kunci: stadion, beton pracetak, beton pratekan***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **JAKARTA COMMUNITY STADIUM STRUCTURAL DESIGN MODIFICATION USING PRECAST PRESTRESS METHODS TRIBUNE**

**Student Name** : Ignatius Dimas Wicaksono Witan  
**Registration Number** : 3113100061  
**Department** : Civil Engineering - ITS  
**Lecturer** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA  
Tavio, Prof. S.T., M.T., Ph.D

## ***Abstract***

*In planning a stadium, accuracy is required by the construction planner. Accuracy is needed because after this stadium is completely constructed, this stadium will be used for big events which will be attended by thousands of people, for example a soccer match. Failure or mistake in planning process can't be accepted because stadium is a building which bear/endure the high amounts of loads, so if there is a mistake in planning process there will be fatal consequences.*

*In this final assignment, there will be planned a stadium using precast prestress concrete system which is developing in Indonesia lately. Planning using this method force the planner to plan the building with complete planning system before going to the execution phase, that because within the execution phase a change in structural component can't be occur.*

*From the analyzing process which already been done, the prestress system in the stadium tribune make the section properties of the tribune more economical, therefore the structure weight is lighter and more optimal.*

***Keywords: stadium, precast concrete, prestress concrete***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa karena dengan rahmat dan kesempatan yang telah diberikan, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Desain Modifikasi Jakarta *Community Stadium* Dengan Tribun Menggunakan Metoda Beton Pracetak Prategang”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih terhadap pihak – pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA, selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan membimbing saya
2. Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang memberikan saran dan masukan yang sangat berguna bagi saya
3. Orang tua dan kakak yang selalu mendukung dan mendoakan saya dalam proses penyusunan ini
4. Dicky dan Adhit, selaku teman – teman seperjuangan yang memberi semangat dan mendorong saya.
5. Teman-teman SMITS yang mengganggu namun mendukung dan mendorong saya agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman CEITS 2013 yang memberikan semangat.
7. Dan semua orang yang turut membantu serta mendoakan saya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Pada akhir kata, Tugas Akhir ini masih belum sempurna sehingga diperlukan kritik dan saran yang dapat membangun Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi.

Surabaya, 30 Mei 2017

Penulis

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| Abstrak .....   | i   |
| Abstract .....  | iii |
| KATA PENGANTAR.....   | v   |
| DAFTAR ISI .....  | vii |
| DAFTAR GAMBAR .....   | x   |
| DAFTAR TABEL .....  | xii |
| BAB I PENDAHULUAN .....   | 1   |
| 1.1    Latar Belakang Penulisan .....                                     | 1   |
| 1.2    Perumusan Masalah .....  | 3   |
| 1.3    Batasan Masalah .....  | 4   |
| 1.4    Tujuan Penulisan.....  | 4   |
| 1.5    Manfaat Penulisan.....   | 4   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....   | 5   |
| 2.1    Pengertian Beton Pracetak .....                                    | 5   |
| 2.2    Perbedaan Analisa Beton Pracetak dengan Beton<br>Konvensional..... | 6   |
| 2.3    Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Beton<br>Sistem Pracetak ..... | 6   |
| 2.4    Komponen Beton Pracetak .....                                      | 9   |
| 2.5    Perencanaan Sambungan Tahan Gempa.....                             | 14  |
| 2.6    Kendala Seputar Beton Pracetak.....                                | 16  |
| 2.7    Pengertian Beton Pratekan .....                                    | 17  |
| BAB III METODOLOGI .....  | 19  |
| 3.1    Diagram Alir (flowchart) .....                                     | 19  |
| 3.2    Data Perencanaan Bangunan .....                                    | 20  |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 3.3   | Sistematika Pengerjaan Tugas Akhir .....   | 21 |
| 3.3.1                                       | Preliminary Design.....                    | 21 |
| 3.3.2                                       | Analisa Pembebanan.....                    | 22 |
| 3.3.3                                       | Analisa Struktur .....                     | 25 |
| 3.3.4                                       | Perencanaan Struktur Sekunder .....        | 27 |
| 3.3.5                                       | Perencanaan Struktur Atap .....            | 27 |
| 3.3.6                                       | Perencanaan Struktur Utama .....           | 28 |
| 3.3.7                                       | Perencanaan Sambungan Beton Pracetak ..... | 33 |
| 3.3.8                                       | Perencanaan Pondasi.....                   | 33 |
| BAB IV PRELIMINARY DESIGN.....              |  | 39 |
| 4.1   | Data Perencanaan.....                      | 39 |
| 4.2   | Desain Dimensi Balok .....                 | 39 |
| 4.3   | Desain Pelat Lantai .....                  | 40 |
| 4.3.1                                       | Dimensi Minimum Pelat Lantai.....          | 40 |
| 4.3.2                                       | Pembebanan Pelat .....                     | 48 |
| 4.3.3                                       | Penulangan Pelat.....                      | 48 |
| 4.4   | Desain Dimensi Kolom.....                  | 51 |
| BAB V ANALISA DAN PERENCANAAN STRUKTUR..... |  | 53 |
| 5.1   | Permodelan Struktur .....                  | 53 |
| 5.2   | Analisa Pembebanan.....                    | 53 |
| 5.2.1                                       | Beban Mati.....                            | 54 |
| 5.2.2                                       | Beban Hidup .....                          | 55 |
| 5.2.3                                       | Beban Gempa.....                           | 55 |
| 5.2.4                                       | Kombinasi Pembebanan .....                 | 65 |
| 5.2.5                                       | Kontrol Base Reaction .....                | 67 |

|                                     |   |     |
|-------------------------------------|---|-----|
| 5.2.6                               | Jumlah Respon Ragam.....                | 68  |
| 5.2.7                               | Kontrol Simpangan (Drift).....          | 73  |
| 5.3                                 | Perencanaan Struktur Atap .....         | 74  |
| 5.3.1                               | Perencanaan Gording .....               | 74  |
| 5.3.2                               | Perencanaan Kuda – Kuda Atap .....      | 78  |
| 5.4                                 | Perencanaan Tangga .....                | 81  |
| 5.5                                 | Perencanaan Balok.....                  | 89  |
| 5.5.1                               | Perencanaan Balok Jenis B2 .....        | 89  |
| 5.6                                 | Perencanaan Kolom .....                 | 111 |
| 5.6.1                               | Perencanaan Kolom C1 .....              | 112 |
| 5.7                                 | Hubungan Balok – Kolom .....            | 123 |
| BAB VI PERENCANAAN TRIBUN .....     |   | 125 |
| 6.1                                 | Perencanaan Balok Tribun Pratekan ..... | 125 |
| 6.2                                 | Perencanaan Balok Miring Tribun.....    | 140 |
| BAB VII PERENCANAAN PONDASI .....   |   | 147 |
| 7.1                                 | Spesifikasi Pondasi .....               | 147 |
| 7.2                                 | Kontrol Tiang Pancang .....             | 147 |
| 7.3                                 | Perencanaan Poer.....                   | 151 |
| 7.3.1                               | Kontrol Geser Pons.....                 | 151 |
| 7.3.2                               | Penulangan Poer .....                   | 154 |
| BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN ..... |   | 157 |
| 8.1                                 | Kesimpulan .....                        | 157 |
| 8.2                                 | Saran.....                              | 157 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                 |   | 159 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1.1 Allianz Arena, Jerman .....                       | 1  |
| Gambar 1.2 Jakarta Community Stadium Plan .....              | 2  |
| Gambar 1.3 Lokasi Perencanaan Jakarta Community Stadium .... | 3  |
| Gambar 2.1 Jenis Komponen Pelat .....                        | 10 |
| Gambar 2.2 Jenis Komponen Balok.....                         | 11 |
| Gambar 2.3 Sambungan Basah (cor ditempat).....               | 11 |
| Gambar 2.4 Sambungan Tiang Pancang dengan Metode Las .....   | 12 |
| Gambar 2.5 Ilustrasi Sambungan Baut.....                     | 13 |
| Gambar 2.6 Treaded Coupler .....                             | 14 |
| Gambar 2.7 Pelat Pracetak Runtuh.....                        | 15 |
| Gambar 2.8 Sambungan Pada Hubungan Antar Balok .....         | 15 |
| Gambar 2.9 Tendon Pada Struktur Beton Pratekan.....          | 18 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir (flowchart).....                     | 19 |
| Gambar 3.2 Respons Spektrum Desain .....                     | 24 |
| Gambar 3.3 Input Grid Pada ETABS Versi 15 .....              | 25 |
| Gambar 3.4 Konstruksi Rangka Atap.....                       | 28 |
| Gambar 3.5 Desain Rencana Tribun .....                       | 29 |
| Gambar 3.6 Tiang Pancang dan Pile Cap.....                   | 37 |
| Gambar 4.1 Balok As H10 Joint H10-I10.....                   | 41 |
| Gambar 4.2 Balok As H10 Joint H10-G10.....                   | 43 |
| Gambar 4.3 Balok As H10 Joint H10-H9.....                    | 44 |
| Gambar 4.4 balok As H10 Joint H10-H11.....                   | 46 |
| Gambar 5.1 Permodelan Stadion Menggunakan ETABS v15....      | 53 |
| Gambar 5.2 Grafik Respon Spektrum Desain Kota Jakarta.....   | 59 |
| Gambar 5.3 Profil Penutup Atap.....                          | 75 |
| Gambar 5.4 Kuda – Kuda Atap Pada ETABS v15.....              | 78 |
| Gambar 5.5 Momen Tengah Bentang Balok B2.....                | 91 |
| Gambar 5.6 Momen Tumpuan Kiri Balok B2.....                  | 91 |
| Gambar 5.7 Momen Tumpuan Kanan Balok B2.....                 | 91 |

|  |         |
|--|---------|
| Gambar 5.8 Output Program spColumn Kolom C1 Bawah.....       | 114     |
| Gambar 5.9 Output Program spColumn Kolom C1 Atas.....        | 115     |
| Gambar 5.10 Output spColumn Kolom C1 Bawah.....              | 119     |
| Gambar 5.11 Output spColumn Kolom C1 Atas.....               | 119     |
| <br>Gambar 6.1 Bentuk dan Dimensi Balok Tribun Pratekan..... | <br>125 |

## DAFTAR TABEL

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 2.1 Perbandingan Beton Sistem Konvensional dan Pracetak .....              | 8   |
| Tabel 3.1 Nilai Faktor Daya Dukung Terzaghi .....                                | 34  |
| Tabel 4.1 Penentuan Awal Dimensi Balok Beton Bertulang .....                     | 39  |
| Tabel 4.2 Beban Mati Pada Kolom .....  | 51  |
| Tabel 5.1 Tabel Beban Dinding per Lantai .....                                   | 54  |
| Tabel 5.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan non Gedung Untuk Beban Gempa ..... | 56  |
| Tabel 5.3 Faktor Keutamaan Gempa.....  | 56  |
| Tabel 5.4 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra.....       | 58  |
| Tabel 5.5 Perhitungan Berat Total Struktur .....                                 | 61  |
| Tabel 5.6 Nilai parameter perioda pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                 | 62  |
| Tabel 5.7 Koefisien Untuk Batas Atas Perioda yang Dihitung ...                   | 62  |
| Tabel 5.8 Distribusi Gaya Gempa Tiap Lantai/Tingkat .....                        | 64  |
| Tabel 5.9 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen.....                                | 65  |
| Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai $V_{Dinamik}$ dan $V_{Statik}$ .....               | 67  |
| Tabel 5.11 Perbandingan Nilai $V_{Dinamik}$ dan $0,85 V_{Statik}$ .....          | 67  |
| Tabel 5.12 Nilai $V_{Dinamik}$ Akhir .....                                       | 68  |
| Tabel 5.13 Jumlah Respon Ragam .....   | 69  |
| Tabel 5.14 Kontrol Simpangan Arah X dan Y .....                                  | 74  |
| Tabel 5.15 Perhitungan Beban Mati Going .....                                    | 82  |
| Tabel 5.16 Perhitungan Beban Mati Pelat Bordes.....                              | 83  |
| Tabel 5.17 Rekapitulasi Penulangan Balok.....                                    | 111 |
| Tabel 5.18 Hasil Output Kolom C1 Bawah.....                                      | 112 |
| Tabel 5.19 Hasil Output Kolom C1 Atas .....                                      | 113 |

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penulisan

Bangunan stadion merupakan bangunan yang dikhususkan sebagai bangunan olahraga seperti sepakbola dan *rugby*. Namun seiring perkembangan zaman, stadion saat ini menjadi bangunan serba guna yang dapat difungsikan untuk banyak kegiatan lain seperti konser musik, kampanye politik, dan juga sebagai tempat penyelenggaraan lainnya. Stadion dipilih karena kapasitasnya yang dapat menampung banyak orang dan juga dibagian tengahnya terdapat ruang yang luas tanpa hambatan sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam kegiatan. Stadion juga dapat menjadi ikon dari suatu kota/negara tertentu contohnya Allianz Arena di Jerman yang dihiasi lampu berjenis *LED* pada *façade* nya dan memberikan keindahan tersendiri pada kota tersebut. Dapat dilihat pada **Gambar 1.1** merupakan tampak dari stadion Allianz Arena di Jerman.



**Gambar 1.1 Allianz Arena, Jerman**

Di Jakarta saat ini hanya ada 1 bangunan stadion yang beroperasi yaitu Stadion Gelora Bung Karno, yang merupakan stadion terbesar di Indonesia. Selain Gelora Bung Karno, sebelumnya terdapat Stadion Lebak Bulus yang saat ini telah diruntuhkan untuk kelangsungan pembangunan *MRT* Jakarta. Dengan luas kota yang mencapai 740 km<sup>2</sup> dan dengan kebutuhan yang meningkat, maka perlu adanya suatu bangunan stadion baru yang dapat memenuhi kebutuhan saat ini di Jakarta. Selain itu

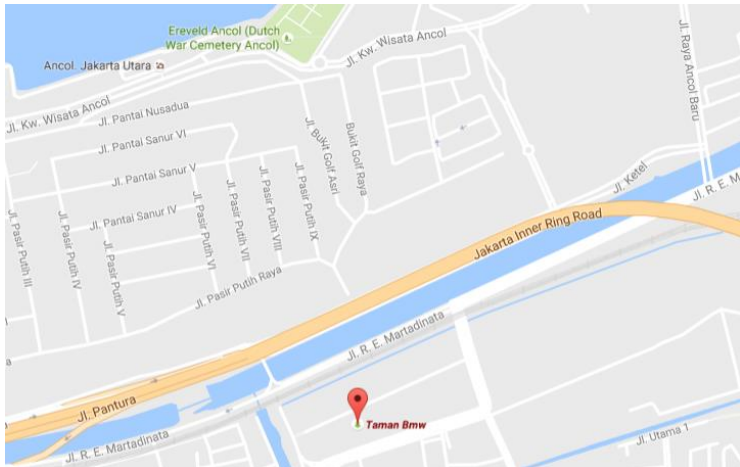
juga maraknya perencanaan gedung – gedung bertingkat seperti apartemen dan kantor membuat perencanaan stadion ini cukup menarik minat untuk dijadikan pembelajaran karena strukturnya yang unik. Dapat dilihat pada **Gambar 1.2** merupakan gambar rencana Jakarta *Community Stadium*.



**Gambar 1.2 Jakarta Community Stadium Plan**

Desain stadion ini sendiri diambil dari negara yaitu Inggris, yang merupakan salah satu negara dengan stadion terbanyak. Lokasi pembangunan stadion ini terletak di bagian utara dari Kota Jakarta tepatnya di Tanjung Priok. Karena mendesaknya kebutuhan untuk bangunan ini di kota Jakarta, maka perencanaan stadion ini akan menggunakan material beton pracetak pratekan pada bagian tribunnya. Material pracetak dipilih agar dapat mempersingkat waktu pengerjaan di lapangan dan kemudian komponen pratekan nantinya akan memperkuat material pracetak agar dapat dihasilkan penampang balok yang lebih efisien. Kapasitasnya yang dapat menampung 20 ribu penonton diharapkan cukup untuk memenuhi kebutuhan yang ada saat ini. Dapat dilihat pada **Gambar 1.3** merupakan lokasi pembangunan Jakarta *Community Stadium*.





**Gambar 1.3 Lokasi Perencanaan Jakarta Community Stadium**

## 1.2 Perumusan Masalah

Beberapa aspek yang akan ditinjau berdasarkan uraian latar belakang tersebut untuk melakukan perencanaan Jakarta *Community Stadium* adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan bangunan stadion berkapasitas 20 ribu penonton dengan menggunakan tribun beton pracetak pratekan?
2. Bagaimana pengaruh beban gempa terhadap struktur bangunan stadion?
3. Bagaimana pengaruh beban angin terhadap struktur atap dari stadion?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Perencanaan ini tidak menghitung analisa biaya, manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
2. Perhitungan struktur dibantu menggunakan program bantu ETABS v15 dan SAP2000 v14.2.2
3. Perhitungan kolom dibantu menggunakan program spColumn.
4. Pedoman yang digunakan adalah Peraturan Standar Nasional Indonesia yang sesuai untuk bangunan beton dan baja.

### **1.4 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merencanakan stadion berkapasitas 20 ribu penonton dengan tribun beton pracetak pratekan.
2. Mengetahui pengaruh beban gempa kota Jakarta terhadap struktur bangunan stadion.
3. Mengetahui pengaruh beban angin kota Jakarta terhadap struktur atap stadion.

### **1.5 Manfaat Penulisan**

Manfaat dengan adanya Tugas Akhir ini adalah penulis dapat merencanakan sebuah bangunan stadion multifungsi dengan waktu yang lebih singkat, kuat, dan tahan gempa yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur di Jakarta.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Beton Pracetak**

Beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metoda pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join (Abduh,2007).

Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, predictability, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, reusability, serta *relocatability* (Gibb,1999 dalam M. Abduh 2007).

Pelaksanaan bangunan dengan menggunakan metoda beton pracetak memiliki kelebihan dan kekurangan. Hal tersebut disebabkan keuntungan metoda pelaksanaan dengan menggunakan beton pracetak ini akan mencapai hasil yang maksimal jika pada proyek konstruksi tersebut tercapai reduksi waktu pekerjaan dan reduksi biaya konstruksi. Pada beberapa kasus desain propertis dengan metoda beton pracetak terjadi kenaikan biaya material beton disebabkan analisa propertis material tersebut harus didesain juga terhadap aspek instalasi, pengangkatan, dan aspek transportasi sehingga pemilihan dimensi dan kekuatan yang diperlukan menjadi lebih besar daripada desain propertis dengan metoda cor ditempat. Selain itu pada proses instalasi elemen beton pracetak memerlukan

peralatan yang lebih banyak dari proses instalasi elemen beton cor ditempat.

## **2.2 Perbedaan Analisa Beton Pracetak dengan Beton Konvensional**

Pada dasarnya mendesain konvensional ataupun pracetak adalah sama, beban-beban yang diperhitungkan juga sama, faktor-faktor koefisien yang digunakan untuk perencanaan juga sama, hanya mungkin yang membedakan adalah:

1. Desain pracetak memperhitungkan kondisi pengangkatan beton saat umur beton belum mencapai 24 jam. Apakah dengan kondisi beton yang sangat muda saat diangkat akan terjadi retak (crack) atau tidak. Di sini dibutuhkan analisa desain tersendiri, dan tentunya tidak pernah diperhitungkan jika kita menganalisa beton secara konvensional.
2. Desain pracetak memperhitungkan metode pengangkatan, penyimpanan beton pracetak di stock yard, pengiriman beton pracetak, dan pemasangan beton pracetak di proyek. Kebanyakan beton pracetak dibuat di pabrik.
3. Pada desain pracetak menambahkan desain sambungan. Desain sambungan di sini, didesain lebih kuat dari yang disambung.

## **2.3 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Beton Sistem Pracetak**

Beton sistem pracetak yang sedang berkembang saat ini tentu memiliki perbedaan dengan beton sistem konvensional (cor ditempat), adapun kelebihan dari beton pracetak adalah sebagai berikut:

1. Dapat mempercepat proses waktu penyelesaian proyek
2. Mutu/kualitas pekerjaan proyek dapat ditingkatkan sebab sebagian besar *quality control* sudah dilakukan di pabrik yang ternyata jauh lebih mudah pengawasannya

3. Dapat menghemat anggaran biaya pelaksanaan proyek
4. Penggunaan tenaga manusia dapat dikurangi secara drastic sebab system ini mensyaratkan lebih banyak penggunaan peralatan, sehingga pelaksanaan proyek dapat lebih terkendali tanpa banyak terpengaruh oleh kebutuhan tenaga manusia.
5. Keselamatan dan kesehatan kerja dapat ditingkatkan karena sebagian besar yang bekerja pada proyek tersebut menggunakan peralatan khusus.
6. Penggunaan bekisting pada proyek sangat sedikit sebab sebagian besar elemen struktur beton dibuat pracetak di pabrik

Namun dengan adanya kelebihan tersebut, penggunaan beton sistem pracetak juga memiliki kekurangan yaitu sebagai berikut:

1. Membutuhkan perencanaan yang matang sebelum melaksanakan pembuatan elemen pracetak.
2. Perubahan struktur baik saat pelaksanaan maupun di masa yang akan datang tidak mungkin dilaksanakan.
3. Kerusakan pada salah satu elemen pracetak dapat mengacaukan jadwal pelaksanaan pemasangan di lapangan.
4. Bentuk komponen struktur cenderung tidak banyak variasi.
5. Untuk mencapai sasaran optimasi diperlukan koordinasi yang baik antara perencana, pabrik beton pracetak, dan kontraktor sejak awal.

Adapun perbedaan metode pelaksanaan antara sistem konvensional (cor ditempat) dengan sistem pracetak dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut ini:

**Tabel 2.1 Perbandingan Beton Sistem Konvensional dan Pracetak**

| No. | Aspek                    |                          | Sistem Konvensional                              | Sistem Pracetak                                 |
|-----|--------------------------|--------------------------|--|---|
| 1   | Perencanaan              |                          | Sederhana  | <i>Scope</i> perencanaan lebih luas             |
| 2   | Bentuk dan Ukuran Gedung |                          | Bervariasi                                       | Tipikal / repetitif                             |
| 3   | Pelaksanaan              |                          |  |   |
|     | 3.1                      | Waktu                    | Lebih lama                                       | Lebih Singkat                                   |
|     | 3.2                      | Biaya                    | Relatif lebih mahal jika dalam volume yang besar | Lebih murah jika sesuai kondisinya              |
|     | 3.3                      | Teknologi                | Konvensional                                     | Perlu keahlian khusus                           |
|     | 3.4                      | Tenaga Kerja di Lapangan | Banyak   | Lebih sedikit                                   |
|     | 3.5                      | Koordinasi               | Kompleks   | Sederhana                                       |
|     | 3.6                      | Pengawasan               | Kompleks   | Sederhana                                       |
|     | 3.7                      | Sarana Kerja             | Kompleks   | Sederhana                                       |
|     | 3.8                      | Kondisi Lapangan         | Harus cukup luas                                 | Bisa dikerjakan di kondisi lapangan yang sempit |
|     | 3.9                      | Pengaruh Cuaca           | Relatif besar                                    | Relatif kecil                                   |
|     |                          |                          |  |   |

**Tabel 2.2 Perbandingan Beton Sistem Konvensional dan Pracetak (Lanjutan)**

| No. | Aspek       |           | Sistem Konvensional   | Sistem Pracetak  |
|-----|-------------|-----------|---|--|
| 4   | Hasil Kerja |           |   |  |
|     | 4.1         | Dimensi   | Kurang presisi  | Lebih presisi  |
|     | 4.2         | Mutu      | Kurang terjamin   | Lebih terjamin   |
|     | 4.3         | Finishing | Perlu banyak penyempurnaan dan resiko biaya tak terduga tinggi. | Penyempurnaan relatif lebih sedikit dan resiko biaya tak terduga rendah. |

## 2.4 Komponen Beton Pracetak

Pabrik beton pracetak sudah membuat standarisasi elemen/komponen pracetak yang paling diminati. Cetakan – cetakan telah dibuat secara standar, namun perubahan bentuk penampang tidak dapat dihindari untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Adapun elemen – elemen standar beton pracetak adalah sebagai berikut:

1. Pelat

Komponen pelat terbagi menjadi 4 macam jenis yaitu:

- *Solid flat slab*
- *Hollow core slab*
- *Double tee*
- *Single tee*

Untuk lebih jelasnya bentuk komponen pelat tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut ini



**Gambar 2.1 Jenis Komponen Pelat**

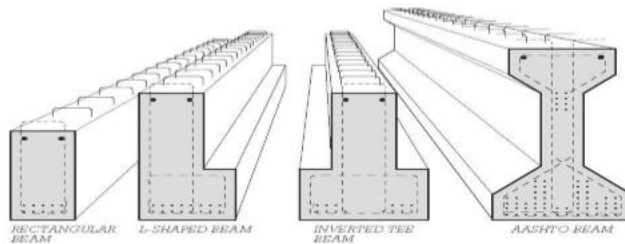
2. Balok

Komponen balok terbagi menjadi 4 macam jenis yaitu:

- Balok persegi
- Balok L
- Balok T
- Balok AASHTO

Untuk lebih jelasnya bentuk elemen balok tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.2** berikut ini





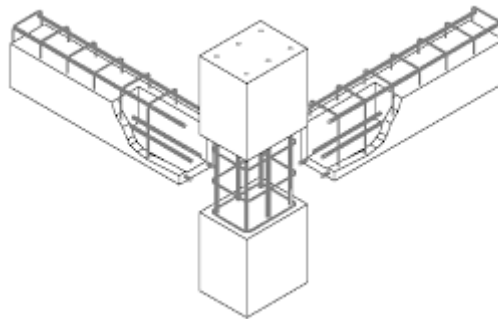
**Gambar 2.2 Jenis Komponen Balok**

3. Sambungan

Komponen sambungan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

- Sambungan daktail dengan cor ditempat (sambungan basah)

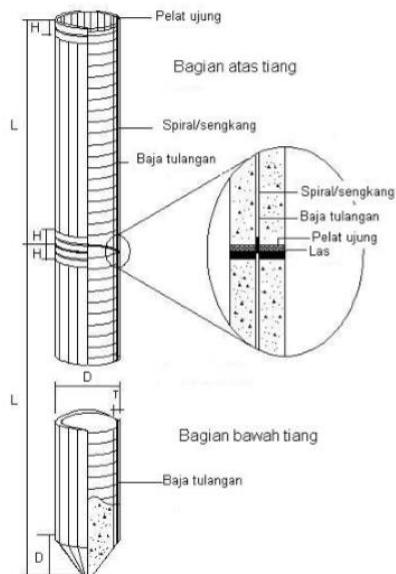
Sambungan ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar sesama beton pracetak ataupun antara beton pracetak dengan beton konvensional. Elemen pracetak yang sudah pada tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk disambung dengan komponen lain tersebut agar menjadi satu kesatuan yang monolit. Sambungan jenis ini sering disebut juga sebagai sambungan basah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut



**Gambar 2.3 Sambungan Basah (cor ditempat)**

- Sambungan daktail dengan las

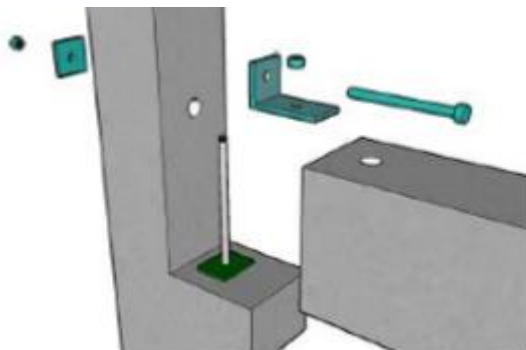
Ochs dan Ehsani (1993) mengusulkan dua sambungan las pada penempatan di lokasi sendi plastis pada permukaan kolom sesuai dengan konsep *strong column weak beam*. Pada konsep ini, sendi plastis direncanakan terjadi pada ujung balok dekat kolom. Pelat baja ditanam masuk pada daerah tulangan kolom dan kemudian di cor pada saat pembuatan elemen pracetak, sedangkan pada balok, pelat baja ditanam pada kedua ujungnya dibagian atas dan bawah. Setelah komponen kolom berdiri, pelaksanaan sambungan dengan metode las dapat dilaksanakan. Metode ini memerlukan biaya yang cukup mahal dan memerlukan tenaga khusus. Dapat diambil contoh dari sambungan tiang pancang yang ilustrasinya bisa dilihat pada **Gambar 2.4** berikut



**Gambar 2.4 Sambungan Tiang Pancang dengan Metode Las**

- Sambungan daktail dengan baut

Englekirk dan Nakaki, Inc. Irvine California dan Dywidag System International USA, Inc. Long Beach California telah mengembangkan sistem dengan menggunakan penyambungan daktail yang dikenal dengan DCPF System (*Ductile Precast Concrete System*). Penyambungan ini dilakukan menggunakan baut untuk menghubungkan elemen satu dengan yang lain. Dari hasil percobaan mereka, sistem DCPF ini berperilaku monolit lebih baik, khususnya untuk Sistem Rangka Pemikul Momen karena memberikan *drift* gedung 4% tanpa kehilangan kekuatan pada saat terjadi *post yield cycles*. Jenis sambungan ini sering disebut juga sebagai sambungan kering. Ilustrasinya dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut



**Gambar 2.5 Ilustrasi Sambungan Baut**

- Sambungan daktail mekanik

French and friends (1989) mengembangkan jenis sambungan yang menggunakan sifat *post tension* untuk menghubungkan balok dengan kolom. Pada sambungan jenis ini dirancang terjadinya pelelehan pada daerah antara pertemuan balok dengan kolom. Sebagai alat penyambung, digunakanlah *treaded coupler* yang dipasang pada ujung tulangan. Dengan adanya *treaded coupler* ini maka ujung

tulangan baja dapat dimasukan pada lubang tersebut. Satu hal yang perlu menjadi perhatian adalah ketelitian, keterampilan, dan keahlian khusus dalam memasang alat ini. Dapat dilihat pada **Gambar 2.6** berikut merupakan *treaded coupler* pada sambungan mekanik.



**Gambar 2.6 Treaded Coupler**

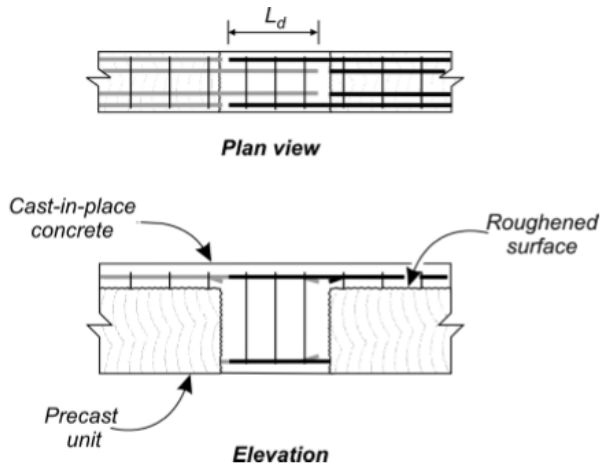
## **2.5 Perencanaan Sambungan Tahan Gempa**

Sambungan menjadi salah satu bagian terpenting pada komponen pracetak. Pada pembangunan struktur yang tahan gempa, sambungan bisa menjadi titik lemah apabila tidak direncanakan dengan baik. Hal ini terjadi pada gempa di Northridge dimana sambungan pada struktur tidak direncanakan dengan baik sehingga banyak gedung yang runtuh setelah gempa tersebut terjadi. Tidak hanya bangunan dari baja tetapi juga bangunan dari beton pun runtuh. **Gambar 2.7** menunjukkan kejadian pada gempa di Northridge pada struktur beton pracetak.



**Gambar 2.7 Pelat Pracetak Runtuh**

Sambungan yang lemah bisa menyebabkan runtuhnya bangunan, namun bila didesain dengan baik maka sambungan akan menjadi kuat dan perlemahan yang terjadi tidak akan terjadi pada bagian sambungan struktur. **Gambar 2.8** menunjukkan contoh sambungan yang benar untuk komponen pracetak.



**Gambar 2.8 Sambungan Pada Hubungan Antar Balok**

## 2.6 Kendala Seputar Beton Pracetak

Hal yang menjadi perhatian utama dalam perencanaan komponen beton pracetak seperti pelat lantai, balok, kolom dan dinding adalah sambungan. Selain berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja, sambungan juga harus berfungsi menyatukan masing-masing komponen beton pracetak tersebut menjadi satu kesatuan yang monolit sehingga dapat mengupayakan stabilitas struktur bangunannya. Beberapa kriteria pemilihan jenis sambungan antara komponen beton pracetak diantaranya meliputi:

1. Kekuatan (*strength*). Sambungan harus memiliki kekuatan untuk dapat menyalurkan gaya-gaya yang terjadi ke elemen struktur lainnya selama waktu layan (*serviceability*), termasuk adanya pengaruh dari rangkai dan susut beton.
2. Daktalitas (*ductility*) Kemampuan dari sambungan untuk dapat mengalami perubahan bentuk tanpa mengalami keruntuhan. Pada daerah sambungan untuk mendapatkan daktalitas yang baik dengan merencanakan besi tulangan yang meleleh terlebih dahulu dibandingkan dengan keruntuhan dari material betonnya.
3. Perubahan volume (*volume change accommodation*) Sambungan dapat mengantisipasi adanya retak, susut dan perubahan temperature yang dapat menyebabkan adanya tambahan tegangan yang cukup besar.
4. Ketahanan (*durability*) Apabila kondisi sambungan dipengaruhi cuaca langsung atau korosi diperlukan adanya penambahan bahan-bahan pencegah seperti *stainless steel epoxy* atau *galvanized*.
5. Tahan kebakaran (*fire resistance*) Perencanaan sambungan harus mengantisipasi kemungkinan adanya kenaikan temperatur pada sistem sambungan pada saat kebakaran, sehingga kekuatan dari baja maupun beton dari sambungan tersebut tidak akan mengalami pengurangan.

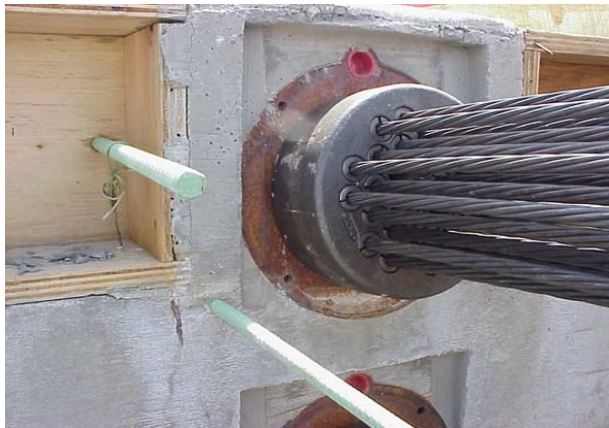
6. Mudah dilaksanakan dengan mempertimbangkan bagian-bagian berikut ini pada saat merencanakan sambungan:
  - a. Standardisasi produksi jenis sambungan dan kemudahan tersedianya material lapangan.
  - b. Hindari keruwetan penempatan tulangan pada daerah sambungan
  - c. Hindari sedapat mungkin pelubangan pada cetakan
  - d. Perlu diperhatikan batasan panjang dari komponen pracetak dan toleransinya
  - e. Hindari batasan yang non-standar pada produksi dan pemasangan.
  - f. Gunakan standar hardware seminimal mungkin jenisnya.
  - g. Rencanakan sistem pengangkatan komponen beton pracetak semudah mungkin baik di pabrik maupun dilapangan
  - h. Penggunaan sistem sambungan yang tidak mudah rusak pada saat pengangkatan
  - i. Diantisipasi kemungkinan adanya penyesuaian di lapangan.

## **2.7 Pengertian Beton Pratekan**

Beton pratekan adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Perbedaan utama antara beton bertulang biasa dan beton pratekan pada kenyataannya adalah beton bertulang biasa hanya mengkombinasikan beton dan tulangan baja dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersama – sama sesuai dengan keinginannya, sedangkan beton pratekan mengkombinasikan beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan cara aktif. Hal ini dicapai dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, jadi membuat

beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut.

Baja adalah bahan yang liat dan dibuat untuk bekerja dengan kekuatan tarik yang tinggi oleh pratekan. Beton adalah bahan yang getas apabila ditarik dan kemampuannya menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Jadi beton pratekan merupakan kombinasi yang ideal dari dua buah bahan yang berkekuatan tinggi modern. Dapat dilihat pada **Gambar 2.7** merupakan tendon dari struktur yang menggunakan sistem pratekan.



**Gambar 2.9 Tendon Pada Struktur Beton Pratekan**

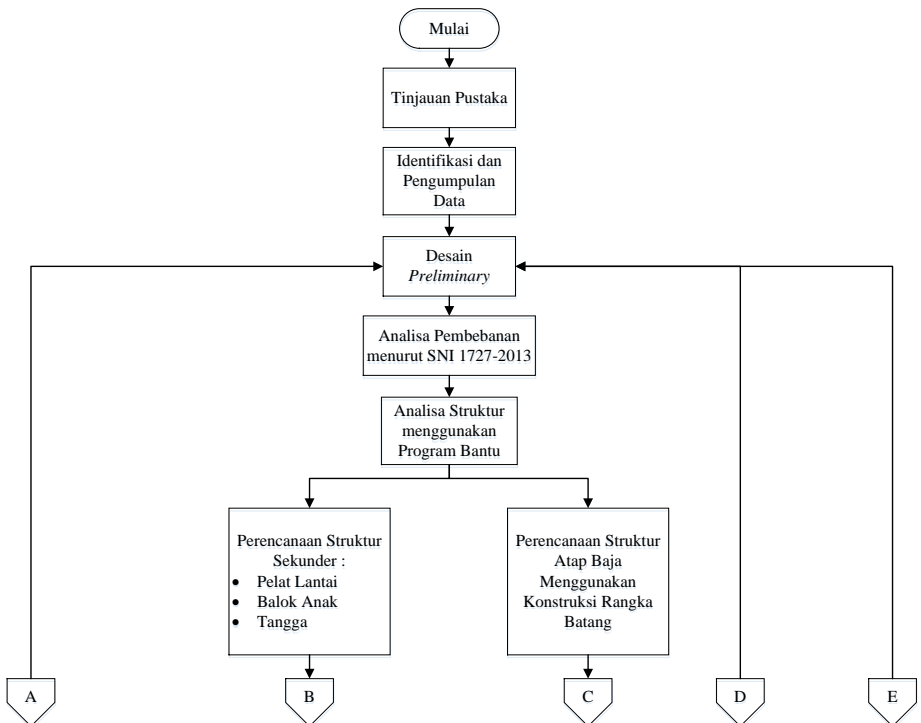
Dengan menggunakan sistem pratekan diharapkan dapat meningkatkan kapasitas lentur, geser, dan torsional penampang balok tersebut. Sehingga besarnya penampang dapat diminimalkan dan efisien.



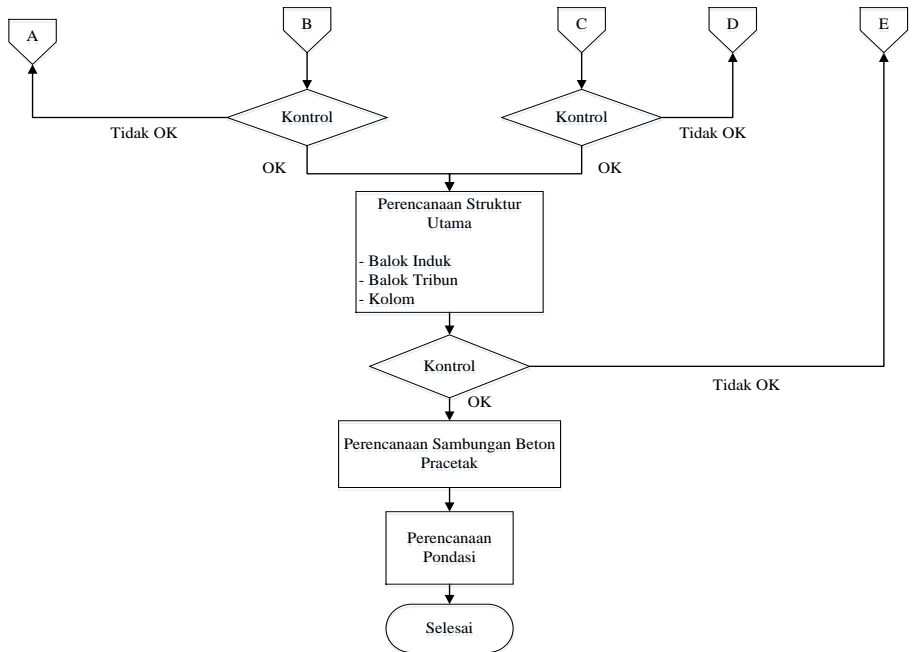
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir (*flowchart*)

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai sistematika pengerjaan Tugas Akhir. Agar lebih mudah dipahami dan memudahkan dalam proses pengerjaan, tahap – tahap tersebut ditampilkan dalam **Gambar 3.1 Diagram Alir (*flowchart*)** berikut:



**Gambar 3.1 Diagram Alir (*flowchart*)**



**Gambar 3.1 Diagram Alir (*flowchart*) (Lanjutan)**

### 3.2 Data Perencanaan Bangunan

Dalam merencanakan sebuah bangunan stadion diperlukan data – data sebagai bahan acuan. Adapun data – data yang telah diperoleh adalah sebagai berikut :

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| Struktur Bangunan  | : Konstruksi Beton    |
| Struktur Atap      | : Rangka Baja         |
| Mutu Beton         | : 40 MPa              |
| Mutu Tulangan (fy) | : 420 MPa             |
| Mutu Baja          | : BJ 41               |
| Fungsi Bangunan    | : Stadion multifungsi |
| Jumlah Lantai      | : 5 Lantai            |

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| Kapasitas     | : 20.000 penonton          |
| Lokasi        | : Tj. Priok, Jakarta Utara |
| Wilayah Gempa | : V                        |

### 3.3 Sistematika Pengerjaan Tugas Akhir

#### 3.3.1 Preliminary Design

*Preliminary design* berfungsi untuk menetapkan dimensi elemen struktur menggunakan panduan dari SNI 2847-2013 untuk bangunan beton. Adapun elemen yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan dimensi balok induk dan balok anak tertumpu sederhana menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$h = \frac{L}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

2. Perencanaan dimensi balok kantilever menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$h = \frac{L}{8}$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

3. Perencanaan dimensi pelat menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$t = \frac{L}{20}$$

4. Perencanaan dimensi kolom menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$A = \frac{P}{0,75 \times f'c}$$

### 3.3.2 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan dilakukan agar kita dapat mengetahui beban apa saja yang berpengaruh pada bangunan tersebut dan pengaruhnya kepada struktur bangunan tersebut. Beban – beban yang berpengaruh pada struktur dan akan ditinjau ditetapkan dalam SNI 1727-2013, beban – beban tersebut adalah:

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Termasuk dalam beban mati adalah berat rangka, dinding, lantai, atap, plumbing, dll.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban tidak tetap yang bekerja pada bangunan tersebut. Contoh beban hidup adalah; manusia, kursi, meja, dll. Adapun beban hidup yang akan ditinjau dan besarnya pada bangunan stadion adalah sebagai berikut:

- Beban hidup lantai : 4,79 kN/m<sup>2</sup>
- Beban hidup tribun : 4,79 kN/m<sup>2</sup>
- Beban hidup tempat duduk tetap : 2,87 kN/m<sup>2</sup>

3. Beban Gempa

Syarat-syarat perencanaan struktur bangunan gedung dan non gedung tahan gempa ditetapkan dalam SNI 1726-2012. Adapun perhitungan gempa yang akan digunakan adalah perhitungan dengan metode gempa respons spektral

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Keterangan:

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  
MCE<sub>R</sub> terpetakan untuk perioda pendek

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa  
MCE<sub>R</sub> terpetakan untuk perioda 1,0 detik

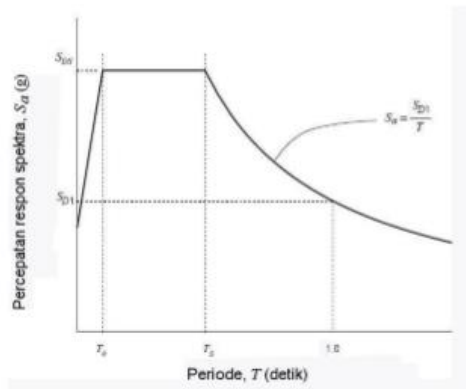
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



**Gambar 3.2 Respons Spektrum Desain**

#### 4. Beban Angin

Parameter beban angin yang harus harus ditentukan menurut SNI 1727-2013 Pasal 26 adalah :

- Kecepatan angin dasar
- Faktor arah angin
- Kategori Eksposur
- Faktor topografi
- Klasifikasi ketertutupan
- Koefisien tekanan internal

#### 5. Kombinasi Pembebanan

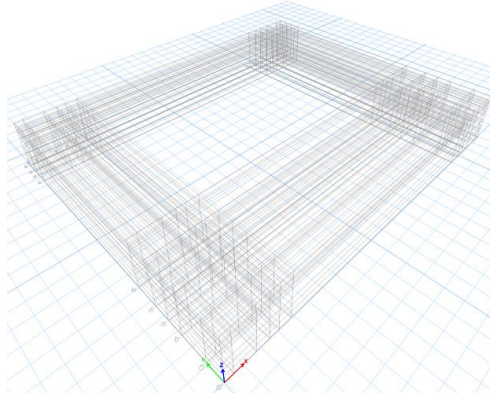
Struktur, komponen, dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 ((L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$

4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

### 3.3.3 Analisa Struktur

Analisa struktur pada Tugas Akhir ini akan dibantu menggunakan program bantu ETABS secara keseluruhan struktur dan untuk kolom akan dibantu juga menggunakan program pcaColumn. Dapat dilihat pada **Gambar 3.3** merupakan input grid pada program ETABS versi 15.



**Gambar 3.3 Input Grid Pada ETABS Versi 15**

Dengan menggunakan program bantu ini diharapkan akan mempercepat proses pengerjaan. Hasil akhir yang akan didapatkan dari program bantu ini adalah gaya – gaya dan momen maksimum yang bekerja dan terjadi pada struktur serta defleksi yang dapat digunakan dalam proses perhitungan selanjutnya. Langkah – langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Input grid (seperti pada **Gambar 3.3**)
2. Penentuan Material

Pada langkah ini dilakukan input data serta jenis material – material yang akan digunakan seperti misalnya; kuat tekan beton yang akan digunakan, mutu baja, mutu tulangan, dan lain – lain.

3. Penentuan Properti

Setelah input data material tersebut dilakukan, langkah selanjutnya adalah menentukan *section* yang akan menggunakan material tersebut dan juga dimensi-dimensi yang didapatkan dari desain *preliminary* diinput pada tahap ini misalnya; pada bagian balok 40x60 menggunakan material beton dengan kuat tekan 40 MPa sementara pada kolom 40x40 menggunakan material beton dengan kuat tekan 50 MPa.

4. Penggambaran

Dengan menggunakan *draw* pada *software* ETABS, dapat digambarkan bentuk struktur yang direncanakan.

5. *Input* Beban

Setelah proses gambar selesai dilaksanakan, maka data dari analisa pembebanan dimasukkan kedalam program.

6. Proses *running analysis*

Pada proses analisis ini program ETABS akan melakukan proses kalkulasi sesuai dengan beban yang telah dimasukkan pada proses sebelumnya. Proses ini akan memakan waktu sesuai dengan kondisi komputer/laptop yang digunakan untuk menjalankan program ini.

7. Hasil

Setelah proses kalkulasi selesai dilakukan oleh program, maka akan didapatkan hasil yang dapat digunakan untuk proses perhitungan selanjutnya.



### 3.3.4 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder dapat dimulai setelah hasil dari Analisa struktur sudah didapatkan. Perencanaan struktur sekunder ini mengacu pada SNI 2847-2013 untuk bangunan beton. Adapun struktur sekunder yang akan dirancang meliputi:

1. Pelat lantai

Ketentuan mengenai pelat terdapat pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 mengenai ketentuan tebal minimum pelat dan juga penentuan  $\beta$  yaitu rasio dimensi panjang terhadap pendek pelat untuk penentuan pelat satu arah atau dua arah. Setelah itu dapat dilakukan kebutuhan tulangan pada pelat lantai, mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 7.

2. Balok Anak

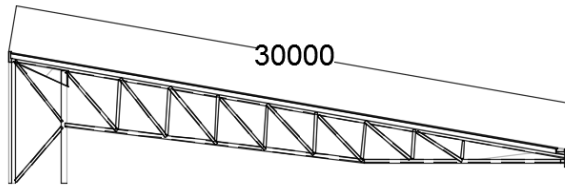
Perencanaan balok anak menggunakan nilai momen yang didapatkan dari ETABS kemudian penulangan akan mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 7

3. Tangga

Perhitungan tangga akan menggunakan model mekanika teknik statis tertentu untuk mendapatkan gaya – gaya dalam yang terjadi pada tangga, kemudian perhitungan kebutuhan tulangan kembali mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 7.

### 3.3.5 Perencanaan Struktur Atap

Struktur atap yang direncanakan menggunakan konstruksi rangka ruang dengan bentang 30 m kantilever. Material yang akan digunakan adalah baja dengan profil baja silinder. Berikut adalah **Gambar 3.4** contoh konstruksi rangka atap stadion



**Gambar 3.4 Konstruksi Rangka Atap**

Adapun perhitungan konstruksi baja ini mengacu pada SNI 1729-2015. Beban angin akan menjadi tinjauan utama pada proses perhitungan ini dikarenakan atap stadion ini merupakan kantilever dengan bentang yang cukup besar dan juga material baja yang dikenal ringan.

### 3.3.6 Perencanaan Struktur Utama

Struktur utama pada bangunan ini menggunakan material beton. Adapun bagian – bagian yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

#### 1. Balok Induk

Proses perencanaan balok induk menggunakan metode yang sama dengan balok anak dengan mengacu pada SNI 2847-2013.

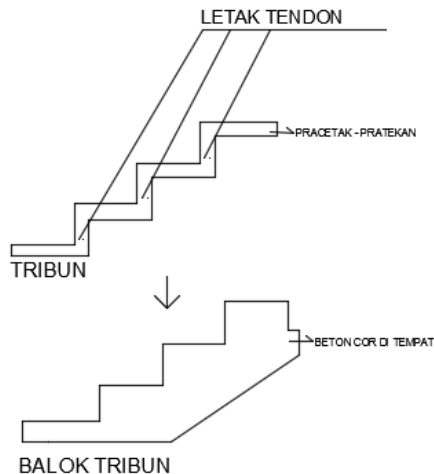
#### 2. Kolom

Perencanaan kolom akan dibantu menggunakan program pcaColumn berdasarkan gaya geser dan momen maksimum yang didapatkan dari program ETABS pada proses analisa struktur. Kemudian akan dikontrol dengan persyaratan *strong column – weak beam* menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2 dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$$

### 3. Tribun

Tribun stadion direncanakan menggunakan material pracetak pratekan dan kemudian balok tribun yang akan menjadi tumpuan tribun direncanakan menggunakan material beton bertulang biasa. Berikut **Gambar 3.5** menunjukkan desain rencana tribun stadion.



**Gambar 3.5 Desain Rencana Tribun**

Perencanaan komponen pracetak akan mengacu pada SNI 2847-2013 pada pasal 21.8 dan tata cara pembangunannya mengacu pada SNI 7833-2012. Adapun komponen pracetak tersebut juga merupakan komponen pratekan yang akan direncanakan menurut langkah – langkah sebagai berikut:

- Perhitungan penampang dan material  
 Pada tahap ini penampang yang direncanakan dihitung profil – profilnya seperti luas penampang serta material yang digunakan juga ditentukan untuk mendapatkan tegangan ijin yang diperlukan dimana menurut SNI 2847-2013 pasal 18 adalah sebagai berikut:
  - Kuat tekan beton pada keadaan awal ( $f'ci$ )  $\rightarrow 0,8 f'c$
  - Tegangan ijin tekan saat penarikan  $\rightarrow 0,6 f'ci$
  - Tegangan ijin Tarik saat penarikan  $\rightarrow 0,5 \sqrt{f'ci}$
  - Tegangan ijin tekan pada keadaan akhir  $\rightarrow 0,45 f'c$
  - Tegangan ijin Tarik pada keadaan akhir  $\rightarrow 0,5 \sqrt{f'c}$
- Penentuan baja (tendon) pratekan  
 Untuk menentukan tendon pratekan digunakan tabel spesifikasi tendon pada peraturan ASTM sehingga didapatkan data-data yang diperlukan seperti; kuat tarik kabel, diameter, luas penampang, dan lain-lain. Penentuan tendon ini juga mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 18.5.
- Perhitungan gaya pratekan  
 Perhitungan gaya pratekan memanfaatkan pembebanan dan hasil dari analisa struktur yang sudah dilakukan terlebih dahulu. Gaya pratekan dipengaruhi oleh momen total yang terjadi. Gaya pratekan yang disalurkan harus memenuhi kontrol batas pada saat kritis.
- Perhitungan Kehilangan Gaya Pratekan  
 Kehilangan pratekan adalah berkurangnya gaya pratekan dalam tendon pada saat tertentu dibanding pada saat stressing. Kehilangan pratekan dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu :

- Kehilangan langsung  
 Kehilangan langsung adalah kehilangan gaya awal pratekan sesaat setelah pemberian gaya pratekan pada pada komponen balok pratekan, yang terdiri dari:
  - a. Kehilangan akibat pengangkuran (SNI 2847-2013 pasal 18.6.1.a)
 
$$\Delta P = 2 \times L_{\max} \times \tan \Omega$$
  - b. Kehilangan akibat perpendekan elastis (SNI 2847-2013 pasal 18.6.1.b)
 
$$E_s = n \times f_{\text{cir}}$$

$$F_{\text{cir}} = F_e/A + (F_o \times e^2 / I) \times (M \times e / I)$$
  - c. Kehilangan akibat gesekan (*Wobble Effect*) (SNI 2847-2013 pasal 18.6.2.2)
 
$$F_r = f_1 - f_2 = f_i (1 - e^{-u_a KL})$$
  - d. Kehilangan akibat slip angker (ANC)
 
$$ANC = \Delta f_{st} = \Delta a \times ES / L$$
- Kehilangan yang tergantung oleh waktu (kehilangan tidak langsung) Hilangnya gaya awal yang ada terjadi secara bertahap dan dalam waktu yang relatif lama, adapun macam kehilangan tidak langsung adalah:
  - a. Kehilangan akibat rangkai (SNI 2847-2013 pasal 18.6.1.c)
 
$$\epsilon_{cr} = (f_c / E_{\text{balok}}) \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_{tn}$$
  - b. Kehilangan akibat susut (SNI 2847-2013 pasal 20.6.1.d)
 
$$\Delta \epsilon_{su} = \epsilon_b \times k_p \times k_e \times k_p$$

- c. Kehilangan akibat relaksasi baja (SNI 2847-2013 pasal 18.6.1.3)
- Kontrol Kuat Batas Beton Pratekan  
Kuat batas balok pratekan yang diakibatkan oleh beban luar berfaktor harus memiliki nilai-nilai sesuai SNI 2847 - 2013 pasal 18.13
  - Kontrol Lentur  
Kontrol terhadap tegangan yang terjadi di balok dilakukan pada tahap yang kritis, baik pada saat jacking atau tahap beban layan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah dimensi dari balok mampu untuk memikul tegangan yang diberikan, dimana tegangan ijin yang diberikan berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 18.4.1
  - Kontrol Lendutan  
Lendutan merupakan tanda akan terjadinya kegagalan struktur, sehingga kita perlu untuk menghitung lendutan struktur agar tidak melebihi batas-batas yang telah ditetapkan. Lendutan dihitung menurut pembebanan, dimana berat sendiri dan beban eksternal mempengaruhi. Berikut adalah kontrol lendutan yang harus dilakukan yaitu:
    - a. Lendutan akibat tekanan tendon
    - b. Lendutan akibat eksentrisitas tepi balok
    - c. Lendutan akibat beban sendiri
  - Pengangkuran  
Kegagalan balok pratekan pasca tarik bisa disebabkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah tepat dibelakang angkur tendon akibat tekanan yang sangat besar. Kegagalan ini diperhitungkan pada kondisi ekstrem saat transfer, yaitu saat gaya pratekan maksimum dan kekuatan

beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah pengangkuran global disyaratkan oleh SNI 2847-2013 pasal 18.13.4. Bila diperlukan, pada daerah pengangkuran dapat dipasang tulangan untuk memikul gaya pencar, belah dan pecah yang timbul akibat pengankuran tendon sesuai SNI 2847-2013 pasal 18.13.1.

### 3.3.7 Perencanaan Sambungan Beton Pracetak

Perencanaan sambungan akan mengikuti panduan SNI 7833 – 2012 untuk beton pracetak dan SNI 2847-2013 pasal 16.5. Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan basah/cor ditempat.

### 3.3.8 Perencanaan Pondasi

Untuk merencanakan pondasi diperlukan perhitungan beban struktur atas secara keseluruhan, lalu diteruskan beban tersebut ke struktur bawah (pondasi). Langkah-langkah pengerjaan struktur bawah adalah:

1. Menghitung beban total dari struktur atas  
Total beban dari struktur atas dipergunakan sebagai beban yang ditinjau dalam perhitungan pondasi ini.
2. Mencari daya dukung tanah.  
Dengan data tanah didapatkan berdasarkan uji laboratorium, maka persamaan yang dipakai adalah persamaan Terzaghi, yaitu sebagai berikut:

$$q_{ult} = C \times N_c + \gamma_b \times N_q \times D_f + 0,5 \gamma_b \times B \times N_y$$

Dengan  $N_c$ ,  $N_q$ , dan  $N_y$  adalah faktor yang ditentukan oleh besar sudut geser dalam, diperoleh dari **Tabel 3.1**

**Tabel 3.1 Nilai Faktor Daya Dukung Terzaghi**

| $\Phi$ | Nc    | Nq    | N $\gamma$ | Nc'  | Nq'  | N $\gamma$ ' |
|--------|-------|-------|------------|------|------|--------------|
| 0      | 5,7   | 1,0   | 0,0        | 5,7  | 1    | 0            |
| 5      | 7,3   | 1,6   | 0,5        | 6,7  | 1,4  | 0,2          |
| 10     | 9,6   | 2,7   | 1,2        |      | 1,9  | 0,5          |
| 15     | 12,9  | 4,4   | 2,5        | 9,7  | 2,7  | 0,9          |
| 20     | 17,7  | 7,4   | 5,0        | 11,8 | 3,9  | 1,7          |
| 25     | 25,1  | 12,7  | 9,7        | 14,8 | 5,6  | 3,2          |
| 30     | 37,2  | 22,5  | 19,7       | 19   | 8,3  | 5,7          |
| 34     | 52,6  | 36,5  | 35,0       | 23,7 | 11,7 | 9            |
| 35     | 57,8  | 41,4  | 42,4       | 25,2 | 12,6 | 10,1         |
| 40     | 95,7  | 81,3  | 100,4      | 34,9 | 20,5 | 18,8         |
| 45     | 172,3 | 173,3 | 297,5      | 51,2 | 35,1 | 37,7         |
| 48     | 258,3 | 287,9 | 780,1      | 66,8 | 50,5 | 60,4         |
| 50     | 347,6 | 415,1 | 1153,2     | 81,3 | 65,6 | 87,1         |

3. Menentukan jenis pondasi yang akan digunakan  
Berikut adalah langkah menentukan jenis pondasi berdasarkan daya dukung tanah yaitu:
  - Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasinya adalah pondasi dangkal. (misal: pondasi jalur, pondasi telapak atau pondasi strauss).



- Bila tanah keras terletak pada kedalaman sekitar 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasinya adalah pondasi tiang minipile, pondasi sumuran atau pondasi bored pile.
- Bila tanah keras terletak pada kedalaman 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasinya adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bored pile.

Berdasarkan data tanah yang diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FTSP ITS, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang (tanah keras berada pada kedalaman 26 m).

#### 4. Perhitungan Tiang Pancang

Adapun perhitungan yang dilakukan untuk analisis tiang pancang adalah sebagai berikut:

- Menentukan daya dukung tiang pancang

$$P_{tiang} = \frac{qc \times Ap}{3} + \frac{Tf \times Kp}{5}$$

- Menentukan Jumlah Tiang Pancang

$$n = \frac{P}{P_{tiang}}$$

Setelah didapatkan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, dapat direncanakan denah dari pondasi tiang pancang.

- Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right)$$

- Perhitungan Beban Maksimum yang Diterima Tiang

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pv}{n} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{ny \cdot \Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{nx \cdot \Sigma x^2}$$

##### 5. Merencanakan *pile cap*

Dalam perencanaan ini digunakan *pile cap* untuk merencanakan tiang pancang dengan meninjau gaya geser pon dan penulangan momen lentur.

###### a. Kontrol Tebal Minimum *Pile Cap*

Menurut SNI 03.2847-2013 Pasal 15.7 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi di atas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak diatas tiang pondasi.

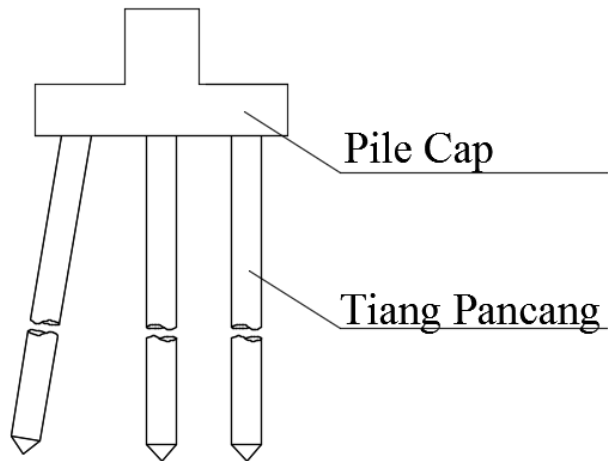
###### b. Kontrol Geser Pons

*Pile cap* harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons, untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beban harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada *pile cap* sesuai dengan SNI 2847 2013 pasal 22.7.6.2 dalam perencanaan tebal *pile cap* syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

###### c. Penulangan *Pile Cap*

Untuk penulangan lentur, *pile cap* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat ditiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri *pile cap*. Perhitungan gaya dalam *pile cap* didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

Berikut adalah **Gambar 3.6** merupakan gambar sederhana tiang pancang dengan *pile cap*.



**Gambar 3.6** Tiang Pancang dan *Pile Cap*

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## BAB IV PRELIMINARY DESIGN

### 4.1 Data Perencanaan

Kriteria desain mengenai mutu dan bahan struktur gedung yang akan dipakai dapat dilihat pada keterangan berikut:

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| Tipe Bangunan   | : Stadion (Gedung Olahraga) |
| Lokasi          | : Kota Jakarta              |
| Jumlah Lantai   | : 5 Lantai                  |
| Tinggi Bangunan | : 27 m                      |
| Kelas Situs     | : Tanah Sedang              |
| Mutu Tulangan   | : 420 MPa                   |
| Mutu Beton      | : 40, 50 MPa                |

### 4.2 Desain Dimensi Balok

Perencanaan dimensi balok induk dan balok anak tertumpu sederhana menggunakan rumus pendekatan seperti yang tertulis pada sub-bab 3.3.1. Desain awal dimensi balok untuk berbagai bentang ditunjukkan pada **Tabel 4.1** berikut

**Tabel 4.1 Penentuan Awal Dimensi Balok Beton Bertulang**

| BALOK |                 |                       |   |                 |
|-------|-----------------|-----------------------|---|-----------------|
| Kode  | Bentang<br>(mm) | Formula (h,b)<br>(mm) |   | Dimensi<br>(mm) |
| B1    | 5000            | 312.50                | h | 500             |
|       |                 | 208.33                | b | 250             |
|       |                 |                       |   |                 |
| B2    | 7000            | 437.50                | h | 700             |
|       |                 | 291.67                | b | 350             |
|       |                 |                       |   |                 |
| B10   | 10063           | 628.94                | h | 900             |
|       |                 | 419.29                | b | 500             |

### 4.3 Desain Pelat Lantai

Desain rencana pelat lantai didesain berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 13.2.4 dan 9.5.3.3.

#### 4.3.1 Dimensi Minimum Pelat Lantai

$$L_y = 7000 \text{ mm}$$

$$L_x = 5000 \text{ mm}$$

$$L_n = 7000 - \left( \frac{250}{2} + \frac{250}{2} \right) = 6750 \text{ mm}$$

$$S_n = 5000 - \left( \frac{350}{2} + \frac{350}{2} \right) = 4650 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{6750}{4650} = 1.2$$

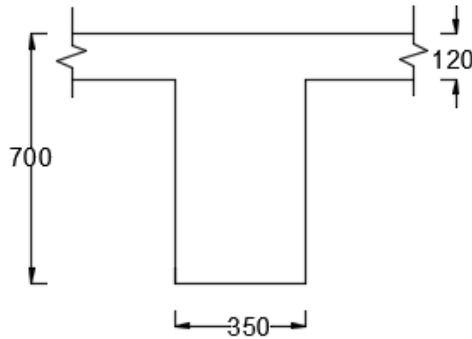
$$\beta = 1.2 < 2 = 2 \text{ way slab}$$

Direncanakan:

- Tebal pelat = 120 mm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) = 420 MPa

Balok As H10 Joint H10 – I10

Dimensi potongan balok As H10 Joint H10-I10 ditunjukkan seperti pada **Gambar 4.1**



**Gambar 4.1 Balok As H10 Joint H10-I10**

Menentukan lebar efektif flens seperti pada SNI 2847:2013  
Pasal 13.2.4

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4 h_f$$

- $b_e = b_w + h_w$   
 $b_e = 350 + (700 - 120) = 930 \text{ mm}$
- $b_e = b_w + 4 h_f$   
 $b_e = 350 + 4 \times 120 = 830 \text{ mm}$

Diambil  $b_e$  terkecil = 830 mm

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{830}{350} - 1\right) \left(\frac{120}{700}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{120}{700}\right) + 4 \left(\frac{120}{700}\right)^2 + \left(\frac{830}{350} - 1\right) \left(\frac{120}{700}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{830}{350} - 1\right) \left(\frac{120}{700}\right)}$$

$$k = 1,8873$$

Momen Inersia Penampang:

$$I_b = k \frac{bw \times h^3}{12} = 1,8873 \frac{350 \times 700^3}{12} \\ = 1,88 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Lanjut Pelat:

$$I_p = 0,5 \frac{bp \times t^3}{12} = 0,5 \frac{7000 \times 120^3}{12} \\ = 504000000 \text{ mm}^4$$

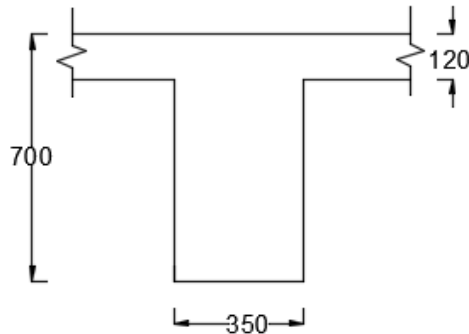
Rasio Kekakuan balok Terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{18881000000}{504000000} = 37,462$$



Balok As H10 Joint H10 – G10

Dimensi potongan balok As H10 Joint H10-G10 ditunjukkan seperti pada **Gambar 4.2**



**Gambar 4.2 Balok As H10 Joint H10-G10**

Menentukan lebar efektif flens seperti pada SNI 2847:2013  
Pasal 13.2.4

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4 h_f$$

- $b_e = b_w + h_w$   
 $b_e = 350 + (700 - 120) = 930 \text{ mm}$
- $b_e = b_w + 4 h_f$   
 $b_e = 350 + 4 \times 120 = 830 \text{ mm}$

Diambil  $b_e$  terkecil = 830 mm

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{830}{350} - 1\right) \left(\frac{120}{700}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{120}{700}\right) + 4 \left(\frac{120}{700}\right)^2 + \left(\frac{830}{350} - 1\right) \left(\frac{120}{700}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{830}{350} - 1\right) \left(\frac{120}{700}\right)}$$

$$k = 1,8873$$

Momen Inersia Penampang:

$$I_b = k \frac{bw \times h^3}{12} = 1,8873 \frac{350 \times 700^3}{12} \\ = 1,88 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Lanjut Pelat:

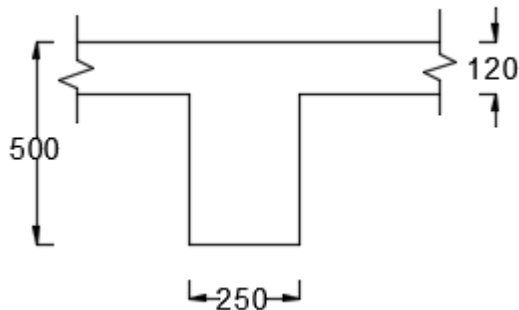
$$I_p = 0,5 \frac{bp \times t^3}{12} = 0,5 \frac{7000 \times 120^3}{12} \\ = 504000000 \text{ mm}^4$$

Rasio Kekakuan balok Terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{18881000000}{504000000} = 37,462$$

Balok As H10 Joint H10 – H9

Dimensi potongan balok As H10 Joint H10-H9 ditunjukkan seperti pada **Gambar 4.3**



**Gambar 4.3 Balok As H10 Joint H10-H9**

Menentukan lebar efektif flens seperti pada SNI 2847:2013

Pasal 13.2.4

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4 h_f$$

- $b_e = b_w + h_w$   
 $b_e = 250 + (500 - 120) = 630 \text{ mm}$
- $b_e = b_w + 4 h_f$   
 $b_e = 250 + 4 \times 120 = 730 \text{ mm}$

Diambil  $b_e$  terkecil = 630 mm

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{630}{250} - 1\right) \left(\frac{120}{500}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{120}{500}\right) + 4 \left(\frac{120}{500}\right)^2 + \left(\frac{630}{250} - 1\right) \left(\frac{120}{500}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{630}{250} - 1\right) \left(\frac{120}{500}\right)}$$

$$k = 2,1766$$

Momen Inersia Penampang:

$$I_b = k \frac{b_w x h^3}{12} = 2,1766 \frac{250 \times 500^3}{12} = 5668356707 \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Lanjut Pelat:

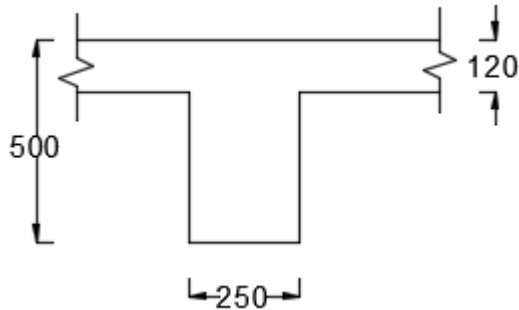
$$I_p = 0,5 \frac{b_p \times t^3}{12} = 0,5 \frac{5000 \times 120^3}{12} = 3600000000 \text{ mm}^4$$

Rasio Kekakuan balok Terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{5668356707}{3600000000} = 15,745$$

Balok As H10 Joint H10 – H11

Dimensi potongan balok As H10 Joint H10-H11 ditunjukkan seperti pada **Gambar 4.4**



**Gambar 4.4 balok As H10 Joint H10-H11**

Menentukan lebar efektif flens seperti pada SNI 2847:2013 Pasal 13.2.4

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4 h_f$$

- $b_e = b_w + h_w$   
 $b_e = 250 + (500 - 120) = 630 \text{ mm}$
- $b_e = b_w + 4 h_f$   
 $b_e = 250 + 4 \times 120 = 730 \text{ mm}$

Diambil  $b_e$  terkecil = 630 mm

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{630}{250} - 1\right) \left(\frac{120}{500}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{120}{500}\right) + 4 \left(\frac{120}{500}\right)^2 + \left(\frac{630}{250} - 1\right) \left(\frac{120}{500}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{630}{250} - 1\right) \left(\frac{120}{500}\right)}$$

$$k = 2,1766$$

Momen Inersia Penampang:

$$I_b = k \frac{bwxh^3}{12} = 2,1766 \frac{250 \times 500^3}{12} \\ = 5668356707 \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Lanjut Pelat:

$$I_p = 0,5 \frac{bp \times t^3}{12} = 0,5 \frac{5000 \times 120^3}{12} \\ = 3600000000 \text{ mm}^4$$

Rasio Kekakuan balok Terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{5668356707}{3600000000} = 15,745$$

Dari perhitungan sebelumnya dapat dicari nilai  $\alpha_m$  dengan cara sebagai berikut:

$$\alpha_m = \frac{1}{n} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots \alpha_n)$$

$$\alpha_m = \frac{1}{4} (37,46 + 37,46 + 15,74 + 15,74) = 26,604$$

Dikarenakan  $\alpha_m > 2$ , maka berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3 untuk menghitung tebal pelat minimum digunakan persamaan berikut:

$$h = \frac{Ln \times (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \\ h = \frac{6750 \times (0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1,4516} = 151,33 \geq 90 \text{ mm}$$

Maka tebal pelat minimum yang digunakan adalah 160 mm

### 4.3.2 Pembebanan Pelat

Beban yang bekerja pada pelat lantai adalah beban hidup dan beban mati dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Beban Mati
 

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| Penggantung              | $= 7 \text{ kg/m}^2$   |
| Plafond                  | $= 11 \text{ kg/m}^2$  |
| Spesi ( $t=2\text{cm}$ ) | $= 42 \text{ kg/m}^2$  |
| Tegel ( $t=1\text{cm}$ ) | $= 24 \text{ kg/m}^2$  |
| Plumbing dan ducting     | $= 30 \text{ kg/m}^2$  |
| Total Beban Mati         | $= 114 \text{ kg/m}^2$ |
  
- Beban Hidup
 

|                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| Beban Hidup Lantai | $= 469.89 \text{ kg/m}^2$ |
|--------------------|---------------------------|
  
- |                 |  |
|-----------------|--|
| Kombinasi Beban | $= 1,2 D + 1,6 L$                      |
|                 | $= 1,2 \times 114 + 1,6 \times 469,89$ |
|                 | $= 888,624 \text{ kg/m}^2$             |

### 4.3.3 Penulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat lantai menggunakan PBI 1971 tabel 13.3.1

$$\begin{aligned}
 dx &= 160 - 20 - 0,5 \times 10 = 135 \text{ mm} \\
 dy &= 160 - 20 - 10 - 0,5 \times 10 = 125 \text{ mm} \\
 Lx &= 5000 - \left( \frac{350}{2} + \frac{350}{2} \right) = 4650 \text{ mm} \\
 Ly &= 7000 - \left( \frac{250}{2} + \frac{250}{2} \right) = 6750 \text{ mm} \\
 qu &= 888,624 \text{ kg/m}^2 \\
 \beta &= \frac{6750}{4650} = 1,45
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan momen pada PBI 1971 tabel 13.3.1 dapat dicari momen masing – masing arah x dan y

$$\begin{aligned}
 -Mtx &= Mlx = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot xx \\
 -Mtx &= Mlx = 0,001 \cdot 888,624 \cdot 4,65^2 \cdot 74,5 \\
 &= 1431,463 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -Mty &= Mly = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot xy \\
 -Mty &= Mly = 0,001 \cdot 888,624 \cdot 4,65^2 \cdot 57 = 1095,214 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan pelat lantai arah X

$$Mu = 1431,463 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{1431,463}{0,8} = 1789,329 \text{ kgm} = 17553319 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{17553319}{0,75 \times 1000 \times 135^2} = 1,284193 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,284}{420}} \right) \\
 &= 0,003117
 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,003117$$

$$As_{perlu} = 0,003117 \times 1000 \times 135 = 420,81 \text{ mm}^2$$

$$A\phi_{10} = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{420,81}{78,54} = 5,35 \cong 6 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000-20}{6} = 163.33 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Pasal } 7.6.5)$$

Pakai  $S = 150 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan lentur  $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan pelat lantai arah Y

$$Mu = 1095,214 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{1095,214}{0,8} = 1369,017 \text{ kgm} = 13430056 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{13430056}{0,75 \times 1000 \times 125^2} = 1,146 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,146}{420}} \right) = 0,00277$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,00277$$

$$As_{perlu} = 0,00277 \times 1000 \times 125 = 347,0315 \text{ mm}^2$$



$$A\phi_{10} = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{347,0315}{78,54} = 4,41 \cong 5 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000-20}{5} = 196 \text{ mm} < 450 \text{ mm (SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5)}$$

Pakai  $S = 195 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan lentur  $\phi 10 - 195 \text{ mm}$

#### 4.4 Desain Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom menggunakan rumus pendekatan seperti yang telah disebutkan di sub-bab 3.3.1 dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Pembebanan pada kolom
  - Beban Mati

**Tabel 4.2 Beban Mati Pada Kolom**

| Jenis               | Dimensi (m) |      | Bentang (m) | Massa Jenis (kN/m <sup>3</sup> ) | Jumlah | Beban Mati (kN) |
|---------------------|-------------|------|-------------|----------------------------------|--------|-----------------|
|                     | b           | h    |             |                                  |        |                 |
| Balok B1            | 0.25        | 0.5  | 5           | 24                               | 1      | 15              |
| Balok B2            | 0.35        | 0.7  | 7           | 24                               | 1      | 41.16           |
| Pelat Lantai        | 5           | 0.16 | 7           | 24                               | 1      | 134.4           |
| Penggantung         | 5           |      | 7           | 0.1                              | 1      | 3.5             |
| Plafond             | 5           |      | 7           | 0.07                             | 1      | 2.45            |
| Mekanikal           | 5           |      | 7           | 0.19                             | 1      | 6.65            |
| Keramik + Spesi     | 5           |      | 7           | 1.1                              | 1      | 38.5            |
| Total Beban Mati    |             |      |             |                                  |        | 241.66          |
| Beban mati 5 lantai |             |      |             |                                  |        | 1208.3          |

- **Beban Hidup**

Beban hidup yang digunakan =  $4,79 \text{ kN/m}^2$

$$P_L = 5 \times 7 \times 4,79 = 167,65 \text{ kN}$$

Beban hidup untuk 5 lantai

$$P_L = 5 \times 167,65 = 838,25 \text{ kN}$$

- **Beban Atap**

Atap yang digunakan pada stadion ini adalah konstruksi rangka baja yang memiliki bentang hingga 30 m dan baru akan diperhitungkan pada bab selanjutnya. Maka, untuk perencanaan awal kolom akan digunakan reaksi dari atap yang didapatkan dengan cara asumsi sebagai berikut

$$P_A = 100 \text{ kN}$$

- **Kombinasi Beban**

$$\begin{aligned} P &= 1,2 P_D + 1,6 P_L + P_A \\ &= 1,2 \times 1208,3 + 1,6 \times 838,25 + 100 \\ &= 2891 \text{ kN} \\ &= 2891000 \text{ N} \end{aligned}$$

## 2. Perencanaan Dimensi Kolom

Mutu Beton = 50 MPa

$$A = \frac{P}{0,75 \times f'_c} = \frac{2891000}{0,75 \times 50} = 77097,6 \text{ mm}^2$$

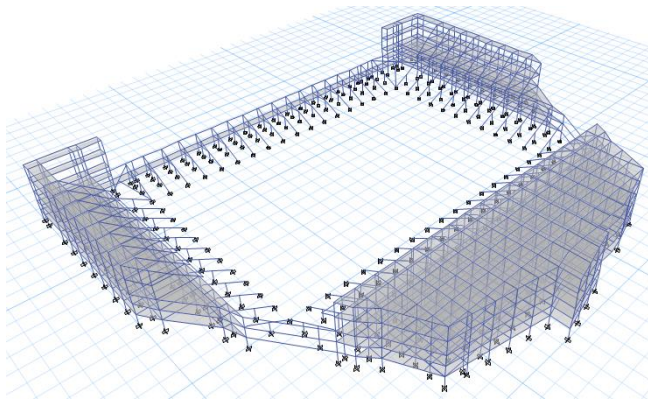
Dimensi rencana kolom = 600 mm x 600 mm

## BAB V

### ANALISA DAN PERENCANAAN STRUKTUR

#### 5.1 Permodelan Struktur

Pada bagian ini *software* yang digunakan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan ETABS v15, dengan hasil permodelan seperti pada **Gambar 5.1** berikut



**Gambar 5.1 Permodelan Stadion Menggunakan ETABS v15**

#### 5.2 Analisa Pembebanan

Agar dapat dijalankan pada program ETABS perlu adanya input beban pada model struktur yang telah dibuat sebelumnya. Adapun beban – beban tersebut mengikuti peraturan dari SNI 1727-2013 dan 2847-2013.

### 5.2.1 Beban Mati

Beban mati yang dianalisis terdiri dari berat sendiri struktur yang secara otomatis akan dihitung oleh program dan ada beban mati tambahan yang ditambahkan dengan rincian sebagai berikut:

- Beban Mati Lantai
  - Tegel + Spesi = 1,1 kN/m<sup>2</sup>
  - Mekanikal = 0,19 kN/m<sup>2</sup>
  - Penggantung = 0,1 kN/m<sup>2</sup>
  - Plafond = 0,072 kN/m<sup>2</sup>
- Beban Dinding
 

Dinding yang digunakan pada struktur stadion ini adalah pasangan bata ringan yang bekerja merata pada balok yang memikul dinding diatasnya.

**Tabel 5.1 Tabel Beban Dinding per Lantai**

| Lantai | Tinggi Dinding (m) | Beban | Beban Dinding |      |
|--------|--------------------|-------|---------------|------|
| F1     | 3.36               | 0.88  | 2.9568        | kN/m |
| F2     | 3.32               | 0.88  | 2.9216        | kN/m |
| F3     | 4.79               | 0.88  | 4.2152        | kN/m |
| F4     | 4.56               | 0.88  | 4.0128        | kN/m |

### 5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Beban hidup yang digunakan sesuai dengan SNI 1727-2013 tabel 4-1.

- Beban hidup lantai =  $4,79 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup tribun/arena =  $2,87 \text{ kN/m}^2$

### 5.2.3 Beban Gempa

Beban gempa akan dianalisa melalui dua cara yaitu dengan analisa gempa dinamik dan statis menurut SNI 1726:2012. Adapun kontrol yang ingin dicapai terdapat pada pasal 7.9.4 dimana disebutkan bahwa nilai akhir  $V_{\text{Dinamik}}$  harus lebih besar sama dengan  $85\% V_{\text{Statik}}$ .

#### A. Analisa Gempa Dinamik

Analisa dinamik yang digunakan adalah respons spektrum seperti pada SNI 1726-2012 pasal 6.4, dengan prosedur penentuan sebagai berikut:

##### 1. Penentuan Kategori Resiko Bangunan

Untuk menentukan kategori resiko bangunan harus disesuaikan dengan fungsi dari bangunan itu sendiri. Pada tugas akhir ini, jenis pemanfaatan bangunan adalah stadion yang berfungsi juga sebagai bangunan monumental, sehingga kategori resiko bangunan diambil angka yang paling kritis. Dapat dilihat pada **Tabel 5.2** merupakan tabel kategori resiko bangunan

**Tabel 5.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan non Gedung Untuk Beban Gempa**

| Jenis pemanfaatan  | Kategori risiko |
|--|-----------------|
| <p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p> | IV              |

2. Penentuan Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

Berdasarkan kategori resiko bangunan pada Tabel 5.2, faktor keutamaan gempa dapat ditentukan seperti yang terdapat pada **Tabel 5.3** berikut

**Tabel 5.3 Faktor Keutamaan Gempa**

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, $I_e$ |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II       | 1,0                           |
| III             | 1,25                          |
| IV              | 1,50                          |

3. Menentukan Parameter Percepatan Tanah ( $S_s$  dan  $S_1$ )  
 Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zona gempa pada SNI 1726:2012 Gambar 9 dan 10. Untuk menyesuaikan data tanah yang ada, maka digunakan parameter percepatan gempa Kota Jakarta. Didapatkan  $S_s = 0,7$  g dan  $S_1 = 0,25$  g.
4. Menentukan Koefisien Lokasi  $F_a$  dan  $F_v$   
 Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 6.2 koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  ditentukan berdasarkan tabel 4 dan 5.
  - Menentukan  $F_a$   
 Berdasarkan interpolasi data pada tabel 4 didapatkan nilai  $F_a = 1,36$
  - Menentukan  $F_v$   
 Berdasarkan interpolasi data pada tabel 5 didapatkan nilai  $F_v = 1,9$
5. Menghitung Nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$ 

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,36 \times 0,65 = 0,952 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,9 \times 0,225 = 0,475 \text{ g}$$
6. Menentukan Parameter Percepatan Spektrum Desain
 
$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,952 = 0,63467 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,475 = 0,31667 \text{ g}$$
7. Merencanakan Model Respon Spektrum
  - Batasan Periode
 
$$T_0 = \frac{0,2 S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,2 \times 0,3167}{0,63467} = 0,09979 \text{ s}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,3167}{0,63467} = 0,49895 \text{ s}$$

- Respon Spektrum percepatan desain saat  $T < T_0$

$$Sa = S_{DS} \times (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

- Respon Spektrum percepatan desain saat  $T_0 \leq T \leq T_s$

$$Sa = S_{DS} = 0,63467$$

- Respon Spektrum Percepatan desain saat  $T \geq T_s$

$$Sa = \frac{S_{D1}}{T}$$

Setelah melakukan perhitungan – perhitungan parameter tersebut diatas didapatkan nilai periode fundamental dan percepatan spectra, dengan interval data sebesar 0,1 detik didapatkan **Tabel 5.4** dan hasilnya ditunjukkan pada **Gambar 5.2**

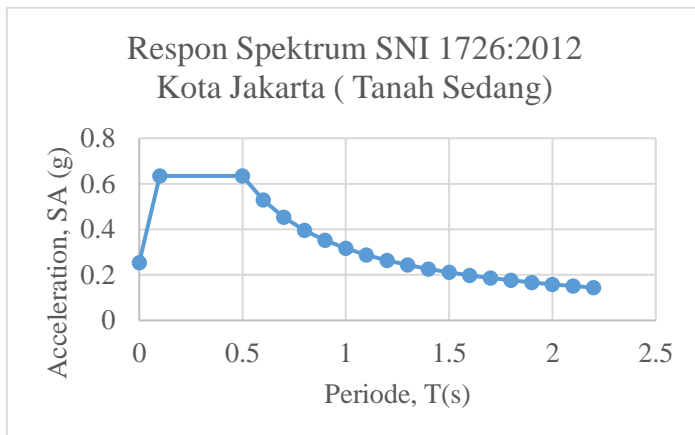
**Tabel 5.4 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra**

| Sa          | T           |
|-------------|-------------|
| 0.253866667 | 0           |
| 0.634666667 | 0.099789916 |
| 0.634666667 | 0.49894958  |
| 0.528703379 | 0.59894958  |
| 0.453060816 | 0.69894958  |
| 0.396353756 | 0.79894958  |
| 0.35226299  | 0.89894958  |
| 0.316999649 | 0.99894958  |
| 0.288153954 | 1.09894958  |
| 0.264120086 | 1.19894958  |



**Tabel 5.4 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra - (Lanjutan)**

| Sa          | T          |
|-------------|------------|
| 0.243786727 | 1.29894958 |
| 0.226360314 | 1.39894958 |
| 0.211259052 | 1.49894958 |
| 0.198046687 | 1.59894958 |
| 0.186389679 | 1.69894958 |
| 0.17602865  | 1.79894958 |
| 0.16675886  | 1.89894958 |
| 0.158416535 | 1.99894958 |
| 0.150869116 | 2.09894958 |
| 0.144008153 | 2.19894958 |



**Gambar 5.2 Grafik Respon Spektrum Desain Kota Jakarta**

Nilai respons spektrum tersebut harus dikalikan dengan faktor skala (SF) yang besarnya adalah sebagai berikut

$$SF = \frac{g \times I}{R}$$

Dimana:

- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- I = Faktor keutamaan gempa berdasarkan kategori resiko gempa, SNI 1726:2012 tabel 2
- R = Koefisien modifikasi respon, SNI 1726:2012 Tabel 9

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.5.4 pengaruh beban gempa harus disimulasikan sebagai gempa dengan kombinasi arah pembebanan orthogonal. Sehingga didapatkan mided beban yang didistribusikan 100% kearah X dan 30% kearah Y jika ditinjau dari arah X dan sebaliknya.

- 100% Beban Gempa
 
$$SF = 100\% \times \frac{9,81 \times 1,5}{8} = 1,839$$
- 30% Beban Gempa
 
$$SF = 30\% \times \frac{9,81 \times 1,5}{8} = 0,552$$

## B. Analisa Gempa Statik

### 1. Perhitungan Berat Struktur

Perhitungan berat struktur perlantai meliputi berat sendiri struktur, berat akibat beban mati tambahan dan berat akibat beban hidup. Dapat dilihat pada **Tabel 5.5** merupakan rekapitulasi berat total struktur.

**Tabel 5.5 Perhitungan Berat Total Struktur**

| Lantai | Beban Mati | Beban Mati Tambahan/m <sup>2</sup> | Beban Hidup | 50% Beban Hidup/m <sup>2</sup> | Area    | Mati  | Hidup        | Total (kN)    |
|--------|------------|------------------------------------|-------------|--------------------------------|---------|-------|--------------|---------------|
| 5      | 30790.81   | 1.462                              | 4.79        | 2.395                          | 3694.1  | 36192 | 8847.4       | 45039         |
| 4      | 37676.03   | 1.462                              | 4.79        | 2.395                          | 4317.09 | 43988 | 10339        | 54327.1       |
| 3      | 44337.15   | 1.462                              | 4.79        | 2.395                          | 5638.5  | 52581 | 13504        | 66084.8       |
| 2      | 49816.21   | 1.462                              | 4.79        | 2.395                          | 5638.5  | 58060 | 13504        | 71563.9       |
| 1      | 52682.85   | 1.462                              | 4.79        | 2.395                          | 5573    | 60831 | 13347        | 74177.9       |
|        |            |                                    |             |                                |         |       | <b>Total</b> | <b>311193</b> |

2. Menentukan Periode Getar Struktur

Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS v.15 didapatkan nilai  $T = 0,696$  detik

3. Menentukan Perkiraan Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental ( $T_a$ ) ditentukan dengan parameter  $C_t$  dan  $x$  serta  $h_n$  yang merupakan tinggi total bangunan. Pada **Tabel 5.6** ditunjukkan nilai  $C_t$  dan  $x$  yang bisa digunakan sesuai dengan tipe struktur bangunan.

**Tabel 5.6 Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$** 

| Tipe struktur  | $C_t$               | $x$  |
|--|---------------------|------|
| Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa |                     |      |
| Rangka baja pemikul momen  | 0,0724 <sup>a</sup> | 0,8  |
| Rangka beton pemikul momen   | 0,0466 <sup>a</sup> | 0,9  |
| Rangka baja dengan bresing eksentris   | 0,0731 <sup>a</sup> | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk  | 0,0731 <sup>a</sup> | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya  | 0,0488 <sup>a</sup> | 0,75 |

SNI 1726:2012 Tabel 15

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0466 \times 21,49^{0,9} = 0,737 \text{ detik}$$

#### 4. Perhitungan Batas Atas Periode Struktur

Batas atas periode struktur didapatkan dengan mengalikan nilai periode fundamental pendekatan dengan koefisien  $C_u$ . Koefisien  $C_u$  didapatkan berdasarkan nilai  $S_{D1}$  yang telah didapatkan sebelumnya menggunakan **Tabel 5.7** berikut:

**Tabel 5.7 Koefisien Untuk Batas Atas Perioda yang Dihitung**

| Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$ | Koefisien $C_u$ |
|---|-----------------|
| $\geq 0,4$  | 1,4             |
| 0,3   | 1,4             |
| 0,2   | 1,5             |
| 0,15  | 1,6             |
| $\leq 0,1$  | 1,7             |

SNI 1726:2012 Tabel 14

Nilai  $S_{D1}$  dari perhitungan sebelumnya adalah sebesar 0,28 sehingga perlu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai koefisien  $C_u$  dan didapatkan koefisien

$C_u = 1,433$  kemudian nilai  $T$  dapat dicari melalui persamaan berikut:

$$T = C_u T_a = 1,433 \times 0,737 = 1,056 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2, nilai Periode fundamental struktur ( $T$ ) tidak boleh melebihi nilai koefisien untuk batasan atas periode ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ). Nilai  $T$  pada perhitungan sebelumnya tidak melebihi nilai  $C_u$  namun melebihi nilai  $T_a$ , sehingga nilai  $T$  yang digunakan adalah nilai  $T_a = 0,737$  detik.

##### 5. Perhitungan Koefisien Respons Seismik

$$S_{DS} = 0,63467$$

$$S_{D1} = 0,31667$$

$$R = 8$$

$$I = 1,5$$

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 koefisien respons seismic ( $C_s$ ) ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0,63467}{8/1,5} = 0,119$$

$$C_{s1} = \frac{S_{D1}}{T \times R/I} = \frac{0,31667}{0,737 \times 8/1,5} = 0,0805$$

Nilai  $C_s$  tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 S_{DS} \times I = 0,0418 \geq 0,01$$

Maka diambil nilai  $C_s = 0,0418$

6. Menghitung Gaya Geser Seismik

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1 penentuan gaya geser seismic ( $V$ ) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W = 0,0418 \times 311193 = 13035,238 \text{ kN}$$

7. Distribusi Gaya Gempa

Gaya gempa lateral yang timbul pada setiap tingkat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dengan nilai  $k$  diambil berdasarkan:

Untuk,  $T < 0,5$  detik :  $k = 1$

$T > 2,5$  detik :  $k = 2$

$0,5 < T < 2,5$  detik :  $k = \text{interpolasi}$

Nilai  $T$  yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya adalah sebesar 0,737 detik, maka nilai  $k$  didapatkan dengan cara interpolasi dan didapatkan nilai  $k = 1,278$ . Distribusi gaya gempa tiap lantai ditunjukkan pada **Tabel 5.8** berikut:

**Tabel 5.8 Distribusi Gaya Gempa Tiap Lantai/Tingkat**

| Lantai | $w_i$       | $h_i$ | $w_i h_i^k$ | $C_{vx}$    | $F_i(\text{kN})$ |
|--------|-------------|-------|-------------|-------------|------------------|
| 5      | 45038.9502  | 21.49 | 2271533.686 | 0.323642428 | 4218.7561        |
| 4      | 54327.05023 | 16.49 | 1953194.276 | 0.278286226 | 3627.527215      |
| 3      | 66084.8483  | 11.26 | 1459058.708 | 0.207883029 | 2709.804773      |
| 2      | 71563.9028  | 7.5   | 939960.3382 | 0.133923194 | 1745.720715      |
| 1      | 74177.9073  | 3.7   | 394905.3457 | 0.056265124 | 733.429289       |
| Total  | 311192.6588 |       | 7018652.354 | 1           | 13035.23809      |

Kemudian dari nilai distirbusi gaya gempa tiap lantai tersebut didapatkan nilai beban gempa statik ekivalen tiap lantai yang ditunjukkan pada **Tabel 5.9** berikut:

**Tabel 5.9 Nilai Beban Gempa Statik Ekivalen**

| Lantai | Statik X    |             | Statik Y    |             |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|        | 100% Fx     | 30% Fy      | 100% Fy     | 30% Fx      |
| 5      | 4218.7561   | 1265.62683  | 4218.7561   | 1265.62683  |
| 4      | 3627.527215 | 1088.258165 | 3627.527215 | 1088.258165 |
| 3      | 2709.804773 | 812.941432  | 2709.804773 | 812.941432  |
| 2      | 1745.720715 | 523.7162145 | 1745.720715 | 523.7162145 |
| 1      | 733.429289  | 220.0287867 | 733.429289  | 220.0287867 |
| Total  | 13035.23809 | 3910.571428 | 13035.23809 | 3910.571428 |

#### 5.2.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi dasar pada SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2 adalah sebagai berikut:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 ((L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.4.2 pengaruh beban gempa E harus ditentukan sesuai dengan metode berikut:

- a. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5
 
$$E = E_h + E_v$$

$$E_h = \rho Q_E$$

$$E_v = 0,2 S_{DS} D$$

$$\text{Sehingga, } E = \rho Q_E + 0,2 S_{DS} D$$

- b. Untuk Penggunaan dalam kombinasi 7

$$E = E_h - E_v$$

$$E = \rho Q_E - 0,2 S_{DS} D$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.3.4.2, pada perhitungan pengaruh beban gempa horizontal digunakan faktor redundansi ( $\rho$ ) sebesar 1,3 untuk kategori desain seismik D dan  $S_{DS}$  yang didapat pada perhitungan percepatan spectrum desain sebelumnya sehingga besarnya nilai kombinasi E dapat dihitung sebagai berikut:

- a. Untuk penggunaan dalam kombinasi 5

$$\begin{aligned} E &= \rho Q_E + 0,2 S_{DS} D = 1,3 Q_E + 0,2 \times 0,63467 D \\ &= 1,3 Q_E + 0,12693 D \end{aligned}$$

- b. Untuk Penggunaan dalam kombinasi 7

$$\begin{aligned} E &= \rho Q_E - 0,2 S_{DS} D = 1,3 Q_E - 0,2 \times 0,63467 D \\ &= 1,3 Q_E - 0,12693 D \end{aligned}$$

Berdasarkan ketentuan tersebut, kombinasi pembebanan yang digunakan adalah:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L$
3.  $1,2D + 1,3RS_{px} + 0,12693D + L$
4.  $1,2D + 1,3RS_{py} + 0,12693D + L$
5.  $1,2D - 1,3RS_{px} + 0,12693D + L$
6.  $1,2D - 1,3RS_{py} + 0,12693D + L$
7.  $0,9D + 1,3RS_{px} + 0,12693D$
8.  $0,9D + 1,3RS_{py} + 0,12693D$
9.  $0,9D - 1,3RS_{px} + 0,12693D$
10.  $0,9D - 1,3RS_{py} + 0,12693D$



Keterangan:

$RS_{px}$  : Respons spektrum 100% arah x dan 30% arah y

$RS_{py}$  : Respons spektrum 100% arah y dan 30% arah x

### 5.2.5 Kontrol Base Reaction

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4, nilai akhir  $V_{Dinamik}$  harus lebih besar sama dengan 85%  $V_{Statik}$ . Maka dapat dilihat pada **Tabel 5.10** merupakan rekapitulasi nilai  $V_{Dinamik}$  yang didapat dari program bantu ETABS dan nilai  $V_{Statik}$  dari Tabel 5.9 sebelumnya.

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai  $V_{Dinamik}$  dan  $V_{Statik}$**

| Jenis Beban | Fx (kN) | Fy (kN)  |
|-------------|---------|----------|
| RSp X       | 9533    | 3913.398 |
| RSp Y       | 2871    | 13015.29 |
| Statik X    | 13035   | 3910.6   |
| Statik Y    | 3910.6  | 13035    |

Setelah didapatkan  $V_{Dinamik}$  dan  $V_{Statik}$ , maka bisa dilakukan kontrol sesuai dengan  $V_{Dinamik} \geq 0,85 V_{Statik}$ . Kemudian apabila ditemukan hasil  $V_{Dinamik} \leq 0,85 V_{Statik}$ , maka dilakukan perhitungan faktor skala untuk memperbesar nilai dari  $V_{Dinamik}$  seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5.11** berikut.

**Tabel 5.11 Perbandingan Nilai  $V_{Dinamik}$  dan 0,85  $V_{Statik}$**

| Jenis Beban       | Fx    | Fy       | Kontrol | Faktor Skala |
|-------------------|-------|----------|---------|--------------|
| RSp X             | 9533  |          | Not OK  | 1.3530       |
| 0.85 $V_{statik}$ | 11080 |          |         |              |
| RSp Y             |       | 13015.29 | OK      | -            |
| 0.85 $V_{statik}$ |       | 11080    |         |              |

Dapat dilihat pada Tabel 5.11, nilai dari RSp X masih lebih kecil dari nilai  $0,85 V_{\text{Statik}}$  sehingga dilakukan perhitungan faktor skala dengan cara membagi nilai  $0,85 V_{\text{Statik}}$  dengan nilai  $V_{\text{Dinamik}}$  yang bersangkutan dan didapatkan nilai 1,232. Nilai dari faktor skala ini akan dikalikan dengan faktor skala yang didapatkan sebelumnya pada perhitungan respons spektrum, kemudian dilakukan input ulang pada program bantu ETABS untuk dilakukan *re-run* program.

Setelah dilakukan *run* ulang program, didapatkan nilai  $V_{\text{Dinamik}}$  akhir yang ditunjukkan dalam **Tabel 5.12** berikut.

**Tabel 5.12 Nilai  $V_{\text{Dinamik}}$  Akhir**

| Beban   | Fx (kN) | Fy (kN)  |
|---------|---------|----------|
| RSp max | 11080   | 13015.29 |

Berdasarkan Tabel 5.12, nilai akhir dari  $V_{\text{Dinamik}}$  sudah memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4  $V_{\text{Dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{Statik}}$ .

### 5.2.6 Jumlah Respon Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1 dinyatakan bahwa analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Berdasarkan pernyataan berikut, jumlah respon ragam yang diperoleh dari program bantu ditunjukkan pada **Tabel 5.13** berikut.

**Tabel 5.13 Jumlah Respon Ragam**

| Case  | Mode | Periode<br>(detik) | Sum<br>UX | Sum<br>UY |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|
| Modal | 1    | 0.696              | 0.3894    | 0.0001    |
| Modal | 2    | 0.527              | 0.3894    | 0.4175    |
| Modal | 3    | 0.518              | 0.4099    | 0.4178    |
| Modal | 4    | 0.515              | 0.4099    | 0.5021    |
| Modal | 5    | 0.483              | 0.412     | 0.5025    |
| Modal | 6    | 0.403              | 0.5145    | 0.503     |
| Modal | 7    | 0.399              | 0.523     | 0.5056    |
| Modal | 8    | 0.302              | 0.5832    | 0.5065    |
| Modal | 9    | 0.295              | 0.6489    | 0.5086    |
| Modal | 10   | 0.267              | 0.7134    | 0.5102    |
| Modal | 11   | 0.256              | 0.7134    | 0.5112    |
| Modal | 12   | 0.255              | 0.7135    | 0.5499    |
| Modal | 13   | 0.254              | 0.7135    | 0.5561    |
| Modal | 14   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 15   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 16   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 17   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 18   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 19   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 20   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 21   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 22   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 23   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 24   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 25   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |

**Tabel 5.13 Jumlah Respon Ragam - (Lanjutan)**

| Case  | Mode | Periode<br>(detik) | Sum<br>UX | Sum<br>UY |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|
| Modal | 26   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 27   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 28   | 0.254              | 0.7135    | 0.5562    |
| Modal | 29   | 0.247              | 0.7165    | 0.6411    |
| Modal | 30   | 0.241              | 0.7263    | 0.6617    |
| Modal | 31   | 0.236              | 0.7264    | 0.673     |
| Modal | 32   | 0.236              | 0.7289    | 0.6738    |
| Modal | 33   | 0.217              | 0.7322    | 0.6738    |
| Modal | 34   | 0.199              | 0.7322    | 0.6808    |
| Modal | 35   | 0.196              | 0.7323    | 0.8724    |
| Modal | 36   | 0.177              | 0.735     | 0.8725    |
| Modal | 37   | 0.173              | 0.7626    | 0.8726    |
| Modal | 38   | 0.171              | 0.7654    | 0.8726    |
| Modal | 39   | 0.164              | 0.7654    | 0.8809    |
| Modal | 40   | 0.157              | 0.7737    | 0.8811    |
| Modal | 41   | 0.156              | 0.7756    | 0.8821    |
| Modal | 42   | 0.155              | 0.7792    | 0.8822    |
| Modal | 43   | 0.153              | 0.7851    | 0.8832    |
| Modal | 44   | 0.153              | 0.8102    | 0.8835    |
| Modal | 45   | 0.144              | 0.8105    | 0.8861    |
| Modal | 46   | 0.139              | 0.8225    | 0.8863    |
| Modal | 47   | 0.138              | 0.8327    | 0.8883    |
| Modal | 48   | 0.137              | 0.8362    | 0.8922    |
| Modal | 49   | 0.13               | 0.8373    | 0.8952    |
| Modal | 50   | 0.129              | 0.8373    | 0.8959    |

**Tabel 5.13 Jumlah Respon Ragam - (Lanjutan)**

| Case  | Mode | Periode<br>(detik) | Sum<br>UX | Sum<br>UY |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|
| Modal | 51   | 0.129              | 0.8378    | 0.8959    |
| Modal | 52   | 0.128              | 0.8379    | 0.8959    |
| Modal | 53   | 0.128              | 0.8383    | 0.8959    |
| Modal | 54   | 0.128              | 0.8385    | 0.8959    |
| Modal | 55   | 0.128              | 0.8385    | 0.8959    |
| Modal | 56   | 0.128              | 0.8385    | 0.8959    |
| Modal | 57   | 0.128              | 0.8385    | 0.8959    |
| Modal | 58   | 0.128              | 0.8385    | 0.8959    |
| Modal | 59   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 60   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 61   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 62   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 63   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 64   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 65   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 66   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 67   | 0.128              | 0.8412    | 0.8959    |
| Modal | 68   | 0.128              | 0.8412    | 0.8961    |
| Modal | 69   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 70   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 71   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 72   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 73   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 74   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 75   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |

**Tabel 5.13 Jumlah Respon Ragam - (Lanjutan)**

| Case  | Mode | Periode<br>(detik) | Sum<br>UX | Sum<br>UY |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|
| Modal | 76   | 0.127              | 0.8412    | 0.8962    |
| Modal | 77   | 0.127              | 0.8413    | 0.8963    |
| Modal | 78   | 0.127              | 0.8413    | 0.8964    |
| Modal | 79   | 0.127              | 0.8413    | 0.8964    |
| Modal | 80   | 0.126              | 0.8413    | 0.8964    |
| Modal | 81   | 0.126              | 0.8413    | 0.8964    |
| Modal | 82   | 0.126              | 0.8413    | 0.8964    |
| Modal | 83   | 0.126              | 0.8413    | 0.8964    |
| Modal | 84   | 0.126              | 0.8414    | 0.8964    |
| Modal | 85   | 0.125              | 0.8414    | 0.9038    |
| Modal | 86   | 0.122              | 0.8415    | 0.9052    |
| Modal | 87   | 0.121              | 0.8419    | 0.9052    |
| Modal | 88   | 0.121              | 0.842     | 0.9052    |
| Modal | 89   | 0.121              | 0.8426    | 0.9057    |
| Modal | 90   | 0.12               | 0.8441    | 0.9084    |
| Modal | 91   | 0.12               | 0.8444    | 0.9095    |
| Modal | 92   | 0.12               | 0.8452    | 0.9095    |
| Modal | 93   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 94   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 95   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 96   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 97   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 98   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 99   | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 100  | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |

**Tabel 5.13 Jumlah Respon Ragam - (Lanjutan)**

| Case  | Mode | Periode<br>(detik) | Sum<br>UX | Sum<br>UY |
|-------|------|--------------------|-----------|-----------|
| Modal | 101  | 0.12               | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 102  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 103  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 104  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 105  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 106  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 107  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 108  | 0.119              | 0.8453    | 0.9096    |
| Modal | 109  | 0.119              | 0.8454    | 0.911     |
| Modal | 110  | 0.119              | 0.8456    | 0.9113    |
| Modal | 111  | 0.117              | 0.8592    | 0.9116    |
| Modal | 112  | 0.117              | 0.86      | 0.9117    |
| Modal | 113  | 0.117              | 0.8757    | 0.9122    |
| Modal | 114  | 0.116              | 0.9008    | 0.9132    |

Berdasarkan Tabel 5.13, nilai partisipasi massa sebesar 90% diarah X dan Y telah terpenuhi pada *mode shape* 114. Jumlah respon ragam yang dicapai untuk memenuhi partisipasi massa sebesar 90% terbilang cukup banyak dikarenakan oleh struktur bangunan yang besar dan luas, sehingga memungkinkan banyaknya respon ragam yang terjadi pada struktur.

### 5.2.7 Kontrol Simpangan (*Drift*)

Simpangan antar tingkat merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat dibawahnya. Nilai *drift* dari tiap lantainya didapatkan melalui

output dari program bantu ETABS yang ditunjukkan pada **Tabel 5.14**.

Syarat untuk simpangan antar lantai ijin pada SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1,  $\Delta s = 0,02 h_{sx}$  dengan nilai  $h_{sx}$  adalah tinggi antar tingkat.

**Tabel 5.14 Kontrol Simpangan Arah X dan Y**

| Lantai | h (m) | hsx (m) | Drift X (mm) | Drift Y (mm) | Syarat (mm) | Kontrol Drift |
|--------|-------|---------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| 5      | 21.49 | 5       | 0.004153     | 0.002193     | 100         | OK            |
| 4      | 16.49 | 5.23    | 0.004885     | 0.002442     | 104.6       | OK            |
| 3      | 11.26 | 3.76    | 0.002523     | 0.000987     | 75.2        | OK            |
| 2      | 7.5   | 3.8     | 0.002116     | 0.001273     | 76          | OK            |
| 1      | 3.7   | 3.7     | 0.001083     | 0.00062      | 74          | OK            |

### 5.3 Perencanaan Struktur Atap

Atap merupakan bagian dari struktur stadion yang berfungsi sebagai pelindung terutama dari hujan. Pada Tugas Akhir ini akan didesain struktur atap dengan sistem konstruksi rangka ruang menggunakan profil silinder.

#### 5.3.1 Perencanaan Gording

Gording pada atap stadion ini direncanakan menggunakan profil WF 200x200x8x12 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu Baja  $\rightarrow$  BJ 41  
 $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$



- Section Properties Penampang Gording

Berat Sendiri = 49,9 kg/m

$A_g$  = 63,53 cm<sup>2</sup>

$I_x$  = 4720 cm<sup>4</sup>

$I_y$  = 1600 cm<sup>4</sup>

$i_x$  = 8,62 cm

$i_y$  = 5,02 cm

- Data Rencana Gording

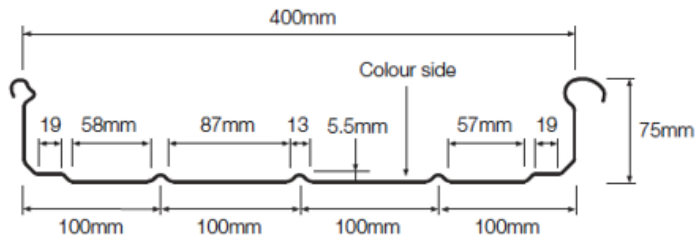
Kemiringan atap = 10°

Jarak antar kuda – kuda = 7 m

Jarak antar gording = 1,5 m

Penutup atap direncanakan menggunakan Euroseam® *Alumunium Roof System* dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada **Gambar 5.3** berikut:

### ES75/400



**Gambar 5.3 Profil Penutup Atap**

- Tebal = 1,2 mm *coated*
- Berat = 3,039 kg/m<sup>2</sup>

## A. Perhitungan Beban

Beban Mati

$$\text{Berat Alumunium} = \frac{3,039 \times 1,5}{\cos 10^0} = 4,63 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Profil} = \frac{49,9}{1,5 \times \cos 10^0} = 33,779 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Total} = 18,82 + 33,37 = 52,61 \text{ kg/m}$$

$$\text{qD Total} = 38,4 + 3,84 = 43 \text{ kg/m}$$

Momen Akibat Beban Mati

$$\begin{aligned} M_{XD} &= \frac{1}{8} \times 43 \times \cos 10 \times 7^2 = 349,853 \text{ kgm} \\ &= 34985,3 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{YD} &= \frac{1}{8} \times 43 \times \sin 10 \times \left(\frac{7}{3}\right)^2 = 6,855 \text{ kgm} \\ &= 685,5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Beban HidupBeban Air Hujan

$$R = 20 \times 2,7 \times \cos 10 = 53,18 \text{ kg/m}$$

$$M_{XR} = \frac{1}{8} \times 53,18 \times \cos 10 \times 7^2 = 320,78 \text{ kgm}$$

$$M_{YR} = \frac{1}{8} \times 53,18 \times \sin 10 \times \left(\frac{7}{3}\right)^2 = 6,28 \text{ kgm}$$

Beban Angin

$$W = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$c = 0,02 \times 10 - 0,4 = -0,2 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 40 \times 0,2 \times 2,7 \times \cos 10 = 21,2718 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban

$$Mux = 1,2 \times 349,853 + 1,6 \times 320,78 = 933,066 \text{ kgm}$$

$$Muy = 1,2 \times 6,85 + 1,6 \times 6,28 = 18,28 \text{ kgm}$$

## B. Kontrol Profil

Kontrol Penampang

$$\text{Sayap: } \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,333$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \text{ OK!}$$

$$\text{Badan: } \frac{h}{tw} = \frac{120}{8} = 15$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \text{ OK!}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$Lp = 1,76 \times 8,62 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 249,89 \text{ cm}$$

$$Mnx = Mpx = Zx \times fy = 513 \times 2500 = 1282500 \text{ kgcm}$$

$$Zy = 0,25 \times 12 \times 200^2 = 120000 \text{ cm}^3$$

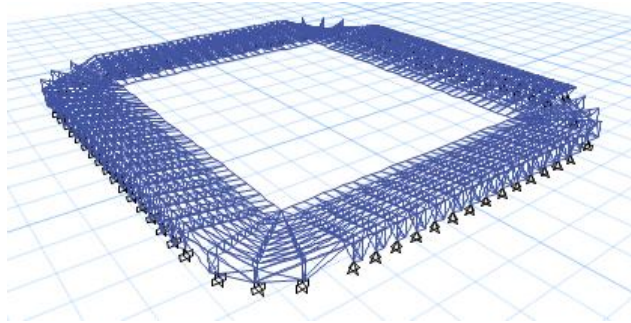
$$Mny = Zy \times fy = 120000 \times 2500 = 300000000 \text{ kgcm}$$

$$\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} = \frac{933,066}{0,9 \times 12825} + \frac{18,28}{0,9 \times 3000000} = 0,08$$

$$0,08 < 1 \dots \text{OK!}$$

### 5.3.2 Perencanaan Kuda – Kuda Atap

Perencanaan kuda – kuda atap dibantu menggunakan *software* ETABS v15 dengan input beban seperti yang sudah dihitung sebelumnya. Permodelan menggunakan ETABS ditunjukkan pada **Gambar 5.4** berikut



**Gambar 5.4 Kuda – Kuda Atap Pada ETABS v15**

#### A. Perencanaan Batang Tarik

Sebagai contoh diambil batang dengan profil silinder  $\phi 190,7$  yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Berat Sendiri     | = 27,3 kg/m             |
| Tebal Dinding     | = 6 mm                  |
| $A_g$             | = 34,82 cm <sup>2</sup> |
| $I$               | = 1490 cm <sup>4</sup>  |
| $x$ (titik berat) | = 95,35 mm              |
| $P_u$             | = 74026,3 kg (SAP2000)  |

#### Kontrol Kuat Leleh

$$\phi P_n = 0,9 \times A_g \times f_y = 0,9 \times 34,82 \times 2500 = 87050 \text{ kg}$$

$$P_u < \phi P_n = 74026,3 < 87050 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

Kontrol Kuat Putus

$$A_e = 0,75 \times A_g = 0,75 \times 34,82 = 26,115 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 26,115 \times 4100 = 80303,6 \text{ kg}$$

$$P_u < \phi P_n = 74026,3 < 80303,6 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

**B. Perencanaan Batang Tekan**

Sebagai contoh diambil batang dengan profil silinder  $\phi 190,7$  yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

$$\text{Berat Sendiri} = 27,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tebal Dinding} = 6 \text{ mm}$$

$$A_g = 34,82 \text{ cm}^2$$

$$I = 1490 \text{ cm}^4$$

$$x \text{ (titik berat)} = 95,35 \text{ mm}$$

$$P_u = 51890,97 \text{ kg (SAP2000)}$$

Cek Kelangsingan Penampang

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1490}{34,82}} = 6,54 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_x = \frac{k \times L}{i_y} = \frac{1 \times 276}{6,54} = 42,19$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{42,19}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{2000000}} = 0,474$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \text{ maka,}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,474} = 1,11$$

Kuat Tekan Rencana Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 34,82 \times \frac{2500}{1,11} = 78032,46 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 78032,46 = 66327,59 \text{ kg}$$

$$P_u < \phi P_n = 51890,97 < 66327,59 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

C. Perencanaan Sambungan

Pada perencanaan atap ini jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan dengan metode las tumpul penetrasi penuh.

Direncanakan las dengan kedalaman las tumpul 25 mm dan mutu las yang digunakan F<sub>R70xx</sub>

• Hasil Output ETABS 2015

$$P_u = 367500,3 \text{ kg}$$

$$M_u = 73489,64 \text{ kg}$$

$$V_u = 58766,22 \text{ kg}$$

• Kontrol tegangan las akibat P<sub>u</sub> dan M<sub>u</sub>

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_u = \frac{7348964}{75} \pm 367500,3$$

$$= -269514 \text{ kg (tekan)}$$

$$= 465486,5 \text{ kg (tarik) (menentukan)}$$

• Kekuatan Las Tumpul Penetrasi Penuh

$$F_{nw} = f_u = 70 \times 70,3 = 4921 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_{nh} = 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 4921 \times (2,5 \times 75 \times 4) \\
 &= 2768063 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\left(\frac{Vu}{\phi Rn}\right)^2 + \left(\frac{Tu}{\phi Rn}\right)^2 \leq 1 \\
 &\left(\frac{58766,22}{2768063}\right)^2 + \left(\frac{465486,5}{2768063}\right)^2 \leq 1 \\
 &0,02873 \leq 1 \dots (\mathbf{OK})
 \end{aligned}$$

## 5.4 Perencanaan Tangga

### A. Data Perencanaan

Perencanaan tangga akan menggunakan rincian sebagai berikut:

|                                    |         |    |
|------------------------------------|---------|----|
| • Tinggi Lantai                    | = 370   | cm |
| • Tinggi Tanjakan ( <i>Riser</i> ) | = 17    | cm |
| • Injakan ( <i>Treat</i> )         | = 30    | cm |
| • Lebar Tangga                     | = 250   | cm |
| • Tebal <i>Waist</i>               | = 25    | cm |
| • Tebal Pelat Bordes               | = 25    | cm |
| • Jumlah Tanjakan                  | = 22    | cm |
| • Jumlah Injakan                   | = 21    | cm |
| • Jumlah Injakan ke Bordes         | = 11    | cm |
| • Elevasi Bordes                   | = 187   | cm |
| • Lebar Bordes                     | = 150   | cm |
| • Panjang Bordes                   | = 500   | cm |
| • Panjang Horizontal Tangga        | = 330   | cm |
| • Kemiringan                       | = 26,8° |    |

### B. Cek Syarat Kenyamanan

Pijakan

$$2R + T \leq 65$$

$$2 \times 17 + 30 \leq 65$$

$$64 \leq 65 \dots OK$$

Kemiringan Tangga

$$26,8^\circ \leq 40^\circ \dots OK$$

C. Perhitungan Beban pada *Going*

Perhitungan beban mati pada *going* ditunjukkan pada

**Tabel 5.15** berikut.

**Tabel 5.15 Perhitungan Beban Mati *Going***

| Beban                      | Massa Jenis | Tebal    | Berat per Luasan | Satuan            |
|----------------------------|-------------|----------|------------------|-------------------|
| Beban Sendiri <i>Waist</i> | 2400        | 0.287349 | 689.637586       | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban Sendiri Anak Tangga  | 2400        | 0.06766  | 162.3847841      | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban Spesi                | 21          | 2        | 42               | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban Tegel                | 24          | 1        | 24               | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban <i>Railing</i>       |             |          | 10               | kg/m <sup>2</sup> |
| Total Beban Mati           |             |          | 928.0223701      | kg/m <sup>2</sup> |

$$\text{Beban Hidup} = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 469,9 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi Beban} &= 1,2 \times 928,02 + 1,6 \times 469,9 \\ &= 1865,465 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Beban pada Bordes

Perhitungan beban mati pada pelat bordes ditunjukkan pada **Tabel 5.16** berikut.



**Tabel 5.16 Perhitungan Beban Mati Pelat Bordes**

| Beban                      | Massa Jenis | Tebal | Berat per Luasan | Satuan            |
|----------------------------|-------------|-------|------------------|-------------------|
| Beban Sendiri <i>Waist</i> | 2400        | 0.25  | 600              | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban Spesi                | 21          | 2     | 42               | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban Tegel                | 24          | 1     | 24               | kg/m <sup>2</sup> |
| Beban <i>Railing</i>       |             |       | 10               | kg/m <sup>2</sup> |
| Total Beban Mati           |             |       | 676              | kg/m <sup>2</sup> |

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Hidup} &= 4,79 \text{ kN/m}^2 = 469,9 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Kombinasi Beban} &= 1,2 \times 676 + 1,6 \times 469,9 \\
 &= 1563,0384 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### E. Perhitungan Penulangan Tangga Arah Memanjang

##### Perhitungan Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{1865,465 \times 3,3 \times 3,15 + 1563,04 \times 1,5 \times 0,75}{4,8} \\
 &= 4406,235 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{1865,465 \times 3,3 \times 1,65 + 1563,04 \times 1,5 \times 4,05}{4,8} \\
 &= 4094,357 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

##### Mencari x saat gaya lintang (D) = 0

$$Dx = 4406,235 - 1865,465x = 0$$

Maka,

$$x = \frac{4406,235}{1865,465} = 2,362$$

### Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_{max} &= 4406,235 \times 2,362 - \frac{1}{2} \times 1865,465 \times 2,362^2 \\ &= 5203,77 \text{ kgm} = 52037710 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### Penulangan

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Lebar              | = 2500 mm |
| Tinggi             | = 250 mm  |
| Decking            | = 20 mm   |
| Diameter Tulangan  | = 16 mm   |
| Mutu Tulangan (fy) | = 420 MPa |
| Mutu Beton (f'c)   | = 40 MPa  |

$$d = 250 - 20 - \frac{16}{2} = 222 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{52037710}{0,9 \times 2500 \times 222^2} = 0,469 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,469}{420}} \right) = 0,001125$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00333$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,00333 \times 2500 \times 222 = 1850 \text{ mm}^2$$

$$A\phi_{16} = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1850}{201,06} = 9,2 \cong 10 \text{ buah}$$

$$S = \frac{2500 - 40}{10} = 246 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 200 \text{ mm}$$

#### F. Perhitungan Penulangan Tangga Arah Melintang

##### Perhitungan Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1865,465 \times 2,5 \times 1,25}{2,5} \\ &= 2331,831 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{1865,465 \times 2,5 \times 1,25}{2,5} \\ &= 2331,831 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

##### Mencari x saat gaya lintang (D) = 0

$$Dx = 2331,831 - 1865,465x = 0$$

Maka,

$$x = \frac{2331,831}{1865,465} = 1,25$$

### Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_{max} &= 2331,831 \times 1,25 - \frac{1}{2} \times 1865,465 \times 1,25^2 \\ &= 1457,395 \text{ kgm} = 14573950 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### Penulangan

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Lebar              | = 1000 mm |
| Tinggi             | = 250 mm  |
| Decking            | = 20 mm   |
| Diameter Tulangan  | = 13 mm   |
| Mutu Tulangan (fy) | = 420 MPa |
| Mutu Beton (f'c)   | = 40 MPa  |

$$d = 250 - 20 - \frac{13}{2} = 223,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{14573950}{0,9 \times 1000 \times 223,5^2} = 0,324 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,324}{420}} \right) = 0,0007$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00333$$

$$As_{perlu} = 0,00333 \times 1000 \times 223,5 = 744,255 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{13} = 0,25 \times \pi \times 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{744,255}{132,73} = 5,6 \cong 6 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000 - 40}{6} = 160 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 150 \text{ mm}$$

#### G. Perhitungan Penulangan Bordes

##### Perhitungan Reaksi Perletakan

$$R_A = \frac{1563,038 \times 1 \times 0,5}{1} = 781,519 \text{ kg/m}$$

$$R_B = \frac{1563,038 \times 1 \times 0,5}{1} = 781,519 \text{ kg/m}$$

Mencari x saat gaya lintang (D) = 0

$$Dx = 781,519 - 1569,038x = 0$$

Maka,

$$x = \frac{781,519}{1569,038} = 0,5$$

### Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_{max} &= 781,519 \times 0,5 - \frac{1}{2} \times 1569,038 \times 0,5^2 \\ &= 390,759 \text{ } kgm = 3907592 \text{ } Nmm \end{aligned}$$

### Penulangan

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Lebar              | = 1000 mm |
| Tinggi             | = 250 mm  |
| Decking            | = 20 mm   |
| Diameter Tulangan  | = 10 mm   |
| Mutu Tulangan (fy) | = 420 MPa |
| Mutu Beton (f'c)   | = 40 MPa  |

$$d = 250 - 20 - \frac{10}{2} = 225 \text{ } mm$$

$$Rn = \frac{3907592}{0,9 \times 1000 \times 225^2} = 0,085 \text{ } MPa$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,085}{420}} \right) = 0,0002$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,002$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 225 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{10} = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{450}{78,54} = 5,72 \cong 6 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000 - 40}{6} = 160 \text{ mm}$$

Pakai  $S = 150 \text{ mm}$

## 5.5 Perencanaan Balok

Balok merupakan salah satu komponen rangka pada sistem rangka pemikul momen dimana selain bertugas menerima beban gravitasi, balok juga menerima beban akibat gaya gempa yang terjadi. Perencanaan penulangan balok mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 21.

Perhitungan dibantu menggunakan program ETABS v15, kemudian akan didapatkan output dari analisa program bantu tersebut bisa digunakan sebagai dasar perencanaan balok.

### 5.5.1 Perencanaan Balok Jenis B2

Data – data perencanaan balok B2 yang digunakan sebagai *input* pada program bantu ETABS adalah sebagai berikut:

- Lebar (b) = 350 mm
- Tinggi (h) = 700 mm
- *Decking* = 40 mm
- $\Phi$  Tulangan Utama = 19 mm
- $\Phi$  Tulangan Sengkang = 10 mm
- Mutu Tulangan = 420 MPa

- Mutu Beton = 40 MPa
- $d = 700 - 40 - 10 - 9,5 = 640,5 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1 terdapat persyaratan yang harus dipenuhi untuk gedung yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, syarat – syarat yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi  $0,1 A_g f'_c$

$$0,1 \times A_g \times f'_c = 0,1 \times 700 \times 350 \times 40 = 980000 \text{ N}$$

$$P_u = 23,405 \text{ kN} = 23405 \text{ N} \rightarrow \text{Output dari ETABS}$$

$$23405 \text{ N} < 980000 \text{ N} \dots OK$$

- Bentang bersih minimum untuk komponen struktur tidak boleh kurang dari  $4d$

$$4d = 4 \times 640,5 = 2562 \text{ mm}$$

$$l_{balok} = 7000 \text{ mm}$$

$$7000 \text{ mm} > 2562 \text{ mm} \dots OK$$

- Lebar komponen (b) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari  $0,3h$  dan 250 mm

$$0,3h = 0,3 \times 700 = 210 \text{ mm}$$

$$350 \text{ mm} > 250 \text{ mm} > 210 \text{ mm} \dots OK$$

- Lebar komponen (b) tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu ditambahkan dengan nilai yang lebih kecil diantara lebar komponen struktur penumpu atau 0,75 dari dimensi struktur penumpu.



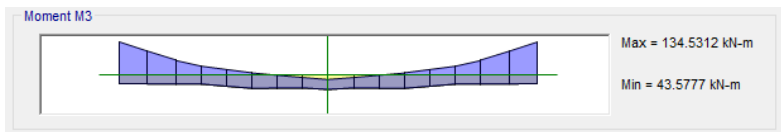
$$\text{lebar kolom} = 600 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{lebar kolom} = 600 + 600 = 1200 \text{ mm}$$

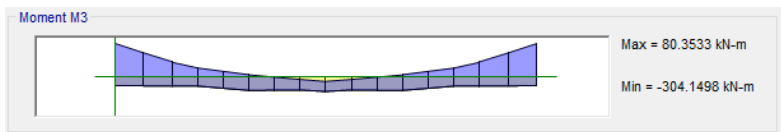
$$1,75 \times \text{lebar kolom} = 600 + 450 = 1050 \text{ mm}$$

$$350 \text{ mm} < 1050 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

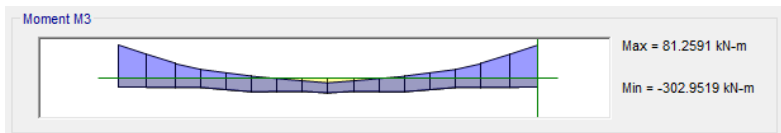
Dari hasil analisa struktur dengan program bantu ETABS, *output* momen *envelope* pada tiga posisi balok ditunjukkan pada **Gambar 5.4**, **Gambar 5.5**, dan **Gambar 5.6**



**Gambar 5.5 Momen Tengah Bentang Balok B2**



**Gambar 5.6 Momen Tumpuan Kiri Balok B2**



**Gambar 5.7 Momen Tumpuan Kanan Balok B2**

Dari gambar tersebut didapatkan hasil sebagai berikut:

- Momen tumpuan kiri negatif = 304,15 kNm
- Momen tumpuan kiri positif = 134,535 kNm

- Momen tumpuan kanan negatif = 302,952 kNm
- Momen tumpuan kanan positif = 81,259 kNm
- Momen Lapangan = 134,53 kNm

A. Penulangan Tumpuan Negatif

$$Mu = 304,15 \text{ kNm} = 304150000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{30415000}{0,9} = 337944444,4 \text{ Nmm}$$

$$Xb = \frac{600}{600 + 420} \times 640,5 = 376,764 \text{ mm}$$

$$X \leq 0,75 \times 376,764 = 282,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Gunakan } X = 250 \text{ mm}$$

$$Asc = \frac{0,85 \times 0,8 \times 40 \times 350 \times 250}{420} = 5666,67 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} Mnc &= 5666,67 \times 420 \times \left( 640,5 - \frac{0,8 \times 250}{2} \right) \\ &= 1255380000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn - Mnc &= 337944444,4 - 1255380000 \\ &= -917435555,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn - Mnc < 0 \rightarrow \text{Tulangan Tunggal}$$

$$Rn = \frac{337944444,4}{350 \times 640,5^2} = 2,353 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{petu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 2,353}{420}} \right) = 0,0058$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,0058$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0058 \times 350 \times 640,5 = 1303,032 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan atas} = \frac{1303,032}{283,53} = 4,59 \cong 5 \text{ buah}$$

$$n \text{ tulangan bawah} = \frac{5}{2} = 2,5 \cong 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 5 \times 19}{5 - 1} = 38,75 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

#### B. Penulangan Tumpuan Positif

$$Mu = 134,535 \text{ kNm} = 134535000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{134535000}{0,9} = 149483333,3 \text{ Nmm}$$

$$Xb = \frac{600}{600 + 420} \times 640,5 = 376,764 \text{ mm}$$

$$X \leq 0,75 \times 376,764 = 282,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Gunakan } X = 250 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times 0,8 \times 40 \times 350 \times 250}{420} = 5666,67 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 5666,67 \times 420 \times \left( 640,5 - \frac{0,8 \times 250}{2} \right) \\ &= 1255380000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 149483333,3 - 1255380000 \\ &= -1105896667 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow \text{Tulangan Tunggal}$$

$$R_n = \frac{149483333,3}{350 \times 640,5^2} = 1,04 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,04}{420}} \right) = 0,0025$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00333$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,00333 \times 350 \times 640,5 = 747,25 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan bawah} = \frac{747,25}{283,53} = 2,63 \cong 3 \text{ buah}$$

$$n \text{ tulangan atas} = \frac{3}{2} = 1,5 \cong 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 19}{3 - 1} = 96,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan penulangan pada tumpuan, digunakan jumlah tulangan yang terbesar pada masing – masing sisi berdasarkan perhitungan diatas, sehingga tulangan yang digunakan pada tumpuan adalah sebagai berikut:

|                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| Tulangan Atas  | = 5 D19 (As 1418,21 mm <sup>2</sup> ) |
| Tulangan Bawah | = 3 D19 (As 850,92 mm <sup>2</sup> )  |

### **Kontrol Kekuatan Dalam Menahan Momen Negatif**

- Mn = 337944444,4 Nmm
- Decking = 40 mm
- Jarak ke as tulangan tarik (d') = 40+10+9,5 = 59,5 mm
- Jarak ke as tulangan tekan (d'') = 59,5 mm
- Tinggi Efektif (d<sub>actual</sub>) = 640,5 mm
- A Tulangan Tarik (3 D19) = 850,92 mm<sup>2</sup>
- A Tulangan Tekan (5 D19) = 1418,21 mm<sup>2</sup>

$$(0,85f'c \times b \times \beta_1)X^2 + (As' \times 600 - As \times fy)X - (As' \times d'' \times 600) = 0$$

Nilai X dari persamaan diatas dapat dicari menggunakan rumus abc yaitu:

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dengan nilai a, b, dan c adalah sebagai berikut:

$$a = 0,85f'c \times b \times \beta_1 = 0,85 \times 40 \times 350 \times 0,8 = 9520$$

$$b = A_s' \times 600 - A_s \times f_y = 850,92 \times 600 - 1418,21 \times 42 = -85092,857$$

$$c = A_s' \times d'' \times 600 = 850,92 \times 59,5 \times 600 = -50630250$$

$$X_{1,2} = \frac{85092,857 \pm \sqrt{85092,857^2 - 4 \times 9520 \times -50630250}}{2 \times 9520}$$

$$X_1 = 77,532 \text{ mm}$$

$$X_2 = -6,2 \times 10^9 \text{ mm}$$

Maka digunakan X1 untuk perhitungan selanjutnya

#### Cek Kondisi Tulangan

$$f_s' = (1 - \frac{d'}{X}) \times 600 = (1 - \frac{59,5}{77,532}) \times 600 = 139,55 \text{ MPa}$$

$$139,55 \text{ MPa} < 420 \text{ MPa} \rightarrow \text{Tulangan Tidak Leleh}$$

#### Cek Kondisi Penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1418,21 \times 420}{0,85 \times 40 \times 350} = 50,05$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{50,05}{0,8} = 62,568 \text{ mm}$$

$$0,375 d_{actual} = 0,375 \times 640,5 = 240,1875 \text{ mm}$$

$c < 0,375 d_{actual} = 62,568 < 240,1875 \rightarrow$  asumsi penampang *tension controlled* benar

#### Menghitung $Mn_{actual}$

$$\begin{aligned} Mn_{actual} &= 0,85 f'_c \times b \times \beta_1 \times X \times \left( d - \frac{\beta_1 X}{2} \right) + As' \times f'_s \times (d - d'') \\ &= 0,85 \times 40 \times 350 \times 0,8 \times 77,532 \times \left( 640,5 - \frac{0,8 \times 77,532}{2} \right) \\ &\quad + 850,93 \times 139,55 \times (640,5 - 59,5) \\ &= 518860602,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{actual} &> Mn = 518860602,3 \\ &> 337944444,4 \text{ Nmm} \dots OK \end{aligned}$$

#### Kontrol Kekuatan Dalam Menahan Momen Positif

- $Mn$  = 149483333,3 Nmm
- Decking = 40 mm
- Jarak ke as tulangan tarik ( $d'$ ) =  $40 + 10 + 9,5 = 59,5$  mm
- Jarak ke as tulangan tekan ( $d''$ ) = 59,5 mm
- Tinggi Efektif ( $d_{actual}$ ) = 640,5 mm
- A Tulangan Tarik (3 D19) =  $850,92 \text{ mm}^2$
- A Tulangan Tekan (5 D19) =  $1418,21 \text{ mm}^2$

$$(0,85 f'_c \times b \times \beta_1) X^2 + (As' \times 600 - As \times f_y) X - (As' \times d'' \times 600) = 0$$

Nilai X dari persamaan diatas dapat dicari menggunakan rumus abc yaitu:

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dengan nilai a, b, dan c adalah sebagai berikut:

$$a = 0,85f'c \times b \times \beta_1 = 0,85 \times 40 \times 350 \times 0,8 = 9520$$

$$b = As' \times 600 - As \times fy = 850,92 \times 600 - 1418,21 \times 42 \\ = -85092,857$$

$$c = As' \times d'' \times 600 = 850,92 \times 59,5 \times 600 = -50630250$$

$$X_{1,2} = \frac{85092,857 \pm \sqrt{85092,857^2 - 4 \times 9520 \times -50630250}}{2 \times 9520}$$

$$X_1 = 77,532 \text{ mm}$$

$$X_2 = -6,2 \times 10^9 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $X_1$  untuk perhitungan selanjutnya

#### Cek Kondisi Tulangan

$$fs' = (1 - \frac{d'}{X}) \times 600 = (1 - \frac{59,5}{77,532}) \times 600 = 139,55 \text{ MPa}$$

$139,55 \text{ MPa} < 420 \text{ MPa} \rightarrow$  Tulangan Tidak Leleh

#### Cek Kondisi Penampang

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1418,21 \times 420}{0,85 \times 40 \times 350} = 50,05$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{50,05}{0,8} = 62,568 \text{ mm}$$

$$0,375 d_{actual} = 0,375 \times 640,5 = 240,1875 \text{ mm}$$



$c < 0,375 d_{actual} = 62,568 < 240,1875 \rightarrow$  asumsi penampang *tension controlled* benar

Menghitung  $Mn_{actual}$

$$\begin{aligned} Mn_{actual} &= 0,85 f'_c \times b \times \beta_1 \times X \times \left( d - \frac{\beta_1 X}{2} \right) + A_s' \times f'_s \times (d - d'') \\ &= 0,85 \times 40 \times 350 \times 0,8 \times 77,532 \times \left( 640,5 - \frac{0,8 \times 77,532}{2} \right) \\ &\quad + 850,93 \times 139,55 \times (640,5 - 59,5) \\ &= 518860602,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{actual} &> Mn = 518860602,3 \\ &> 149483333,3 \text{ Nmm} \dots OK \end{aligned}$$

**Kontrol Batas Penulangan**

Berdasarkan SNI2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari  $1,4bw \times d/f_y$  dan  $\frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} bw \times d$ , serta rasio tulangan ( $\rho$ ) tidak melebihi 0,025

$$1,4bw \times \frac{d}{f_y} = 1,4 \times 350 \times \frac{640,5}{420} = 747,5 \text{ mm}^2 \rightarrow OK$$

$$\frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} bw \times d = \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} 350 \times 640,5 = 843,933 \rightarrow OK$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{850,92}{350 \times 640,5} = 0,0038 < 0,0025 \rightarrow OK$$

**Kontrol Jarak Tulangan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.6.4 untuk membatasi retak akibat lektur pada balok, jarak tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi  $380 \frac{280}{f_s} - 2,5 Cc$  dan  $300 \frac{280}{f_s}$ .

$$Cc = \text{decking} + \text{senggang} = 40 + 10 = 50$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 420 = 280 \text{ MPa}$$

$$380 \frac{280}{280} - 2,5 \times 50 = 255 \text{ mm} > 59,5 \text{ mm} \dots OK$$

$$300 \frac{280}{f_s} = 300 \frac{280}{280} = 300 > 59,5 \text{ mm} \dots OK$$

### C. Penulangan Lapangan

$$M_u = 134,535 \text{ kNm} = 134535000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{134535000}{0,9} = 149483333,3 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 420} \times 640,5 = 376,764 \text{ mm}$$

$$X \leq 0,75 \times 376,764 = 282,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Gunakan } X = 250 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times 0,8 \times 40 \times 350 \times 250}{420} = 5666,67 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 5666,67 \times 420 \times \left( 640,5 - \frac{0,8 \times 250}{2} \right) \\ &= 1255380000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 149483333,3 - 1255380000 \\ &= -1105896667 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow \text{Tulangan Tunggal}$$

$$Rn = \frac{149483333,3}{350 \times 640,5^2} = 1,04 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,04}{420}} \right) = 0,0025$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0285$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00333$$

$$As_{perlu} = 0,00333 \times 350 \times 640,5 = 747,25 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan bawah} = \frac{747,25}{283,53} = 2,63 \cong 3 \text{ buah}$$

$$n \text{ tulangan atas} = \frac{3}{2} = 1,5 \cong 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 19}{3 - 1} = 96,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

**Kontrol Balok T**

$$be = \frac{1}{4} \times L = \frac{1}{4} \times 7000 = 1750 \text{ mm}$$

$$be = bw + 8t = 350 + 8 \times 160 = 1630 \text{ mm} \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$be = 0,5(L - bw) = 0,5(7000 - 350) = 3325 \text{ mm}$$

$$As = 850,93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times be} = \frac{850,93 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1630} = 6,45 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6,45}{0,8} = 13,4 \text{ mm} \leq 160 \text{ mm}$$

$x \leq t \rightarrow$  Termasuk balok T palsu, sehingga perhitungan dilanjutkan dengan balok persegi

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{850,93 \times 420}{0,85 \times 40 \times 350} = 30,03$$

$$\begin{aligned} Mn_{actual} &= As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 850,93 \times 420 \times \left(640,5 - \frac{30,3}{2}\right) \\ &= 227755934,7 \text{ Nmm} > 149477777,8 \text{ Nmm} \dots OK \end{aligned}$$

**Cek Kondisi Penampang**

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{30,03}{0,8} = 37,54 \text{ mm}$$

$$0,375 d_{actual} = 0,375 \times 640,5 = 240,18 \text{ mm}$$

$c < 0,375 d_{actual} \rightarrow$  penampang *tension controlled*  
(asumsi benar)

### **Kontrol Rasio Penulangan**

Kontrol berdasarkan SNI2847:2013 Pasal 21.5.2.1

$$\rho_{min} = \frac{bw \times d}{4fy} \times \sqrt{f'c} = \frac{350 \times 640,5}{4 \times 420} \times \sqrt{40} \\ = 843,9 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{bw \times d}{fy} = \frac{350 \times 640,5}{420} = 747,25 \text{ mm}^2$$

$$850,93 > 843,9 > 747,25 \text{ mm}^2 \dots OK$$

#### **D. Penulangan Torsi**

Output dari program ETABS yang dibutuhkan untuk menghitung penulangan torsi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_u &= 5330000 \text{ Nmm} \\ V_u &= 196700 \text{ N} \end{aligned}$$

- Perhitungan Luas dan Keliling Penampang

$$Acp = b \times h = 350 \times 700 = 245000 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2(b + h) = 2(350 + 700) = 2100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Bh = bw &= 2decking - \phi geser = 350 - 80 - 10 \\ &= 260 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hh &= h - 2decking - \phi geser = 700 - 80 - 10 \\ &= 610 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Aoh = Bh \times Hh = 260 \times 610 = 158600 \text{ mm}^2$$

$$Poh = 2(h + Hh) = 2(260 + 610) = 1740 \text{ mm}$$

#### Cek Keperluan Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1 pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen toris terfaktor ( $T_u$ ) kurang dari:

$$0,75 \times 0,083 \times \lambda \sqrt{f'c} \times \frac{Acp^2}{Pcp} = 11253360 \text{ Nmm}$$

$$5330000 < 11253360 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Torsi diperhitungkan}$$

#### Cek Penampang Balok

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Poh}{1,7 Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw d} + 0,66 \sqrt{f'c}\right)$$

$$Vc = 0,17 \sqrt{f'c} \times bw \times d = 241027,2221 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{196700}{350 \times 640,5}\right)^2 + \left(\frac{196700 \times 1740}{1,7 \times 158600^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{241027,22}{350 \times 640,5} + 0,66 \sqrt{40}\right)$$

$$0,904 \leq 3,937 \dots OK$$

- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan torsi  
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6 dalam perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan  $0,85 A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$ .

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 158600 = 138410 \text{ mm}^2$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tu}{2Ao \times f_{yt} \times \phi \times \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{5330000}{2 \times 138410 \times 240 \times 0,75 \times 1} = 0,063 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$A_l = \frac{At}{s} \times P_{oh} \times \frac{f_{yt}}{f_y} \times \cot^2 \theta = 62,398 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0,42 \sqrt{f'_c} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} \times P_{oh} \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= 1487,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{pakai} = 1487,11 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1487,11}{283,53} = 5,24 \cong 6 \text{ buah}$$

Jadi dipakai 6 D19 ( $A_s = 1701,857 \text{ mm}^2$ ) dipasang masing – masing 2 buah pada setiap sisi balok disepanjang tumpuan maupun lapangan.

#### E. Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2 syarat spasi maksimum tulangan geser balok yaitu:

$$s < \frac{d}{4} = \frac{640,5}{4} = 160,125 \text{ mm}$$

$$s < 6\phi \text{ longitudinal} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

$$s < \frac{d}{2} = \frac{640,5}{2} = 320,25 \text{ mm (lapangan)}$$

o Penulangan Geser Tumpuan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4 bahwa gaya geser rencana ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum ( $M_{pr}$ ) ditambah dengan gravitasi terfaktor sepanjang bentangnya.

o Momen ujung  $M_{pr}$

$M_{pr}$  adalah kapasitas momen berdasarkan perhitungan kuat lentur konvensional dengan menggunakan nilai reduksi  $\phi = 1$  dan kuat lentur tulangan minimum sebesar  $1,25f_y$ .

– Akibat Gempa ke kiri

$M_{pr}$  negatif

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= (A_s \times 1,25f_y - A_s' \times 1,25f_s') \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &\quad + A_s' \times 1,25f_s' \times (d - d'') \\ &= (1418,214 \times 1,25 \times 420 - 850,93 \times 1,25 \times \\ &\quad 139,55) \times \left(640,5 - \frac{50,054}{2}\right) + 850,93 \times \\ &\quad 1,25 \times 139,55 \times (640,5 - 59,5) \\ &= 453141008 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{pr4} = (A_s \times 1,25f_y - A_s' \times 1,25f_s') \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$



$$\begin{aligned}
& +As' \times 1,25f's \times (d - d'') \\
& = (850,93 \times 1,25 \times 420 - 1418,214 \times 1,25 \times \\
& \quad 139,55) \times \left(640,5 - \frac{50,054}{2}\right) + 1418,214 \times \\
& \quad 1,25 \times 139,55 \times (640,5 - 59,5) \\
& = 266426603 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

– Akibat Gempa ke kanan

*M<sub>pr negatif</sub>*

$$\begin{aligned}
M_{pr2} &= (As \times 1,25fy - As' \times 1,25f's) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
& \quad + As' \times 1,25f's \times (d - d'')
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& = (1418,214 \times 1,25 \times 420 - 850,93 \times 1,25 \times \\
& \quad 139,55) \times \left(640,5 - \frac{50,054}{2}\right) + 850,93 \times \\
& \quad 1,25 \times 139,55 \times (640,5 - 59,5) \\
& = 453141008 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{pr3} &= (As \times 1,25fy - As' \times 1,25f's) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
& \quad + As' \times 1,25f's \times (d - d'')
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& = (850,93 \times 1,25 \times 420 - 1418,214 \times 1,25 \times \\
& \quad 139,55) \times \left(640,5 - \frac{50,054}{2}\right) + 1418,214 \times \\
& \quad 1,25 \times 139,55 \times (640,5 - 59,5) \\
& = 266426603 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

○ Gaya geser total pada muka tumpuan sampai 2h

$$V_G = 196700 \text{ N (Output ETABS)}$$

– Akibat Gempa ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{e\ kn} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr4}}{L_n} - V_G \\
 &= \frac{453141008 + 266426603}{7000 - 2 \times 300} - 196700 \\
 &= -84267,56\ N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e\ kr} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr4}}{L_n} - V_G \\
 &= \frac{453141008 + 266426603}{7000 - 2 \times 300} + 196700 \\
 &= 309132,44\ N
 \end{aligned}$$

– Akibat Gempa ke kanan

$$\begin{aligned}
 V_{e\ kn} &= \frac{M_{pr2} + M_{pr3}}{L_n} - V_G \\
 &= \frac{453141008 + 266426603}{7000 - 2 \times 300} - 196700 \\
 &= -84267,56\ N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e\ kr} &= \frac{M_{pr2} + M_{pr3}}{L_n} - V_G \\
 &= \frac{453141008 + 266426603}{7000 - 2 \times 300} + 196700 \\
 &= 309132,44\ N
 \end{aligned}$$

Maka gaya geser total yang digunakan adalah nilai  $V_e$  yang paling besar  $\rightarrow V_e = 309132,44\ N$

#### ○ Perhitungan Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2 kuat geser beton  $V_c = 0$  apabila:

- Gaya geser akibat gempa  $> 0,5$  gaya geser total  
 $196700 > 0,5 \times 309132,44 = 154566,22\ N$

$$\begin{aligned} & - \text{Gaya Aksial Tekan} < A_g \times f'_c / 20 \\ & 23405 < 490000 \text{ N} \end{aligned}$$

Persyaratan Terpenuhi, sehingga  $V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{309132,44}{0,75} - 0 = 412176,58 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} \times d} = \frac{412176,58}{240 \times 640,5} = 1,532 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} = 1,532 + 0,062 = 1,595 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan tulangan sengkang 2 kaki D10  $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$ .

$$S = \frac{157,08}{1,595} = 98,5 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang D10-95 mm sepanjang  $2h = 1400 \text{ mm}$  dari muka kolom, dimana tulangan sengkang pertama dipasang 5 cm dari muka kolom.

○ Penulangan Geser Lapangan

Tulangan geser diluar sendi plastis  $> 2h = 1400 \text{ mm}$

$$V_{u_{2h}} = 139345 \text{ N (Output ETABS)}$$

Untuk daerah luar sendi plastis ini, kuat geser beton diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 0,17 \sqrt{40} \times 350 \times 640,5 \\ &= 241027,222 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_{u_{2h}}}{\phi} - V_c = \frac{139345}{0,75} - 241027,222$$

$$= -55233,889 \text{ N}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{f_{yt} \times d} = \frac{-55233,889}{240 \times 640,5} = -0,205 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{Av}{s} + \frac{At}{s} = -0,205 + 0,062 = -0,142 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan tulangan sengkang 2 kaki D10  $Av = 157,08 \text{ mm}^2$ .

$$S = \frac{157,08}{-0,142} = 1101,807 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang D10 - 300 mm pada daerah luar sendi plastis  $> 1400 \text{ mm}$

#### F. Penghentian Tulangan Negatif

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.2 dan 12.2.3 1D penghentian tulangan negatif menggunakan metode sebagai berikut dimana nilai akhirnya tidak boleh kurang dari 300 mm:

$$\begin{aligned} Db &= 19 \text{ mm} \\ \Psi_e &= 1 \text{ (situasi lainnya)} \\ \Psi_t &= 1,3 \text{ (tulangan tanpa pelapis)} \\ \lambda &= 1 \text{ (beton normal)} \\ \Psi_s &= 0,8 \text{ } (\phi \text{ tulangan } \leq 19 \text{ mm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_d &= Db \times \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} = 19 \times \frac{420 \times 1,3 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \\ &= 600,83 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### G. Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1, panjang penyaluran  $L_{dh}$  untuk tulangan tarik dengan kait standar  $90^\circ$  dalam beton normal yaitu:

$$L_{dh} > 8 db = 152 \text{ mm}$$

$$L_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$L_{dh} = \frac{0,24 f_y db}{\sqrt{f'c}} = \frac{0,24 \times 420 \times 19}{\sqrt{40}} = 302,82 \text{ mm}$$

Digunakan  $L_{dh} = 305 \text{ mm}$  masuk kedalam kolom dengan kait 12db = 228 mm

Dengan menggunakan metode yang sama didapatkan hasil perencanaan balok tipe lainnya yang disajikan dalam **Tabel 5.17** berikut.

**Tabel 5.17 Rekapitulasi Penulangan Balok**

| Jenis Balok | Lokasi   | Tulangan Lentur |       | Tulangan Geser | Tulangan Torsi |
|-------------|----------|-----------------|-------|----------------|----------------|
|             |          | Atas            | Bawah |                |                |
| B1          | Tumpuan  | 3D19            | 2D19  | D10-110        | 4D19           |
|             | Lapangan | 2D19            | 3D19  | D10-220        |                |
| B2          | Tumpuan  | 5D19            | 3D19  | D10-110        | 6D19           |
|             | Lapangan | 2D19            | 3D19  | D10-300        |                |
| B10         | Tumpuan  | 8D19            | 4D19  | D10-110        | 5D19           |
|             | Lapangan | 3D19            | 6D19  | D10-300        |                |

## 5.6 Perencanaan Kolom

Dalam perencanaan struktur stadion ini terdapat 3 jenis kolom yang akan direncanakan dengan dimensi sebagai berikut:

- Kolom C1 = 600 x 600 mm
- Kolom C2 = 500 x 500 mm
- Kolom C3 = 400 x 400 mm

Sebagai contoh metode perencanaan, diambil kolom C1 dikarenakan jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan 2 jenis kolom yang lainnya.

### 5.6.1 Perencanaan Kolom C1

Data perencanaan kolom C1 adalah sebagai berikut:

|                          |        |                 |
|--------------------------|--------|-----------------|
| Lebar penampang (b)      | = 60   | cm              |
| Tinggi penampang (h)     | = 60   | cm              |
| Luas penampang ( $A_g$ ) | = 3600 | cm <sup>2</sup> |
| Cover                    | = 40   | mm              |
| $\Phi$ Tulangan Utama    | = 22   | mm              |
| $\Phi$ Tulangan Sengkang | = 13   | mm              |
| Mutu Tulangan ( $f_y$ )  | = 420  | MPa             |
| Mutu Beton ( $f'_c$ )    | = 50   | MPa             |
| Tinggi Efektif           | = 536  | mm              |

Dari data perencanaan tersebut didapatkan output dari program bantu ETABS untuk kolom C1 yang disajikan didalam **Tabel 5.18** dan **Tabel 5.19** berikut:

**Tabel 5.18 Hasil Output Kolom C1 Bawah**

| Kolom Bawah |                        |            |           |          |
|-------------|------------------------|------------|-----------|----------|
| No.         | Kombinasi              | Pu (kN)    | M2 (kNm)  | M3 (kNm) |
| 1           | 1.4D                   | -2924.6262 | -171.1097 | 105.2956 |
| 2           | 1.2D+1.6L              | -2607.5654 | -150.8582 | 88.8178  |
| 3           | 1.2D+1.3RSPx+0.1156D+L | -2293.9375 | -119.8658 | 261.0101 |
| 4           | 1.3156D-1.3RSPx+L      | -2293.9375 | -119.8658 | 261.0101 |
| 5           | 1.2D+1.3RSPy+0.1156D+L | -2663.231  | -85.7193  | 143.4943 |
| 6           | 1.3156D-1.3RSPy+L      | -2663.231  | -85.7193  | 143.4943 |
| 7           | 0.9D+1.3RSPx-0.1156D   | -1121.2864 | -52.3214  | 221.9552 |
| 8           | 0.9D-1.3RSPx-0.1156D   | -1121.2864 | -52.3214  | 221.9552 |
| 9           | 0.9D-1.3RSPy-0.1156D   | -1490.5799 | -18.1749  | 104.4394 |
| 10          | 0.9D+1.3RSPy-0.1156D   | -1490.5799 | -18.1749  | 104.4394 |

**Tabel 5.19 Hasil Output Kolom C1 Atas**

| Kolom Atas |                        |            |           |          |
|------------|------------------------|------------|-----------|----------|
| No.        | Kombinasi              | Pu (kN)    | M2 (kNm)  | M3 (kNm) |
| 1          | 1.4D                   | -2419.1286 | -412.5467 | 309.6314 |
| 2          | 1.2D+1.6L              | -2175.8046 | -351.1821 | 264.3519 |
| 3          | 1.2D+1.3RSPx+0.1156D+L | -1839.8098 | -337.2042 | 372.3179 |
| 4          | 1.3156D-1.3RSPx+L      | -1839.8098 | -337.2042 | 372.3179 |
| 5          | 1.2D+1.3RSPy+0.1156D+L | -2174.8166 | -345.3227 | 316.6865 |
| 6          | 1.3156D-1.3RSPy+L      | -2174.8166 | -345.3227 | 316.6865 |
| 7          | 0.9D+1.3RSPx-0.1156D   | -858.0072  | -182.1905 | 255.4889 |
| 8          | 0.9D-1.3RSPx-0.1156D   | -858.0072  | -182.1905 | 255.4889 |
| 9          | 0.9D-1.3RSPy-0.1156D   | -1193.014  | -190.3091 | 199.8576 |
| 10         | 0.9D+1.3RSPy-0.1156D   | -1193.014  | -190.3091 | 199.8576 |

**A. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa**

Gaya aksial terfaktor maksimum ( $P_u$ ) yang bekerja pada kolom harus melebihi  $\frac{A_g \times f'_c}{10}$  (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1).

$$P_u = 2924.6262 \text{ kN} = 2924626.2 \text{ N}$$

$$\frac{A_g \times f'_c}{10} = \frac{360000 \times 50}{10} = 1800000 \text{ N}$$

$$2924626.2 \text{ N} > 1800000 \text{ N} \dots OK$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.1 dinyatakan bahwa sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm

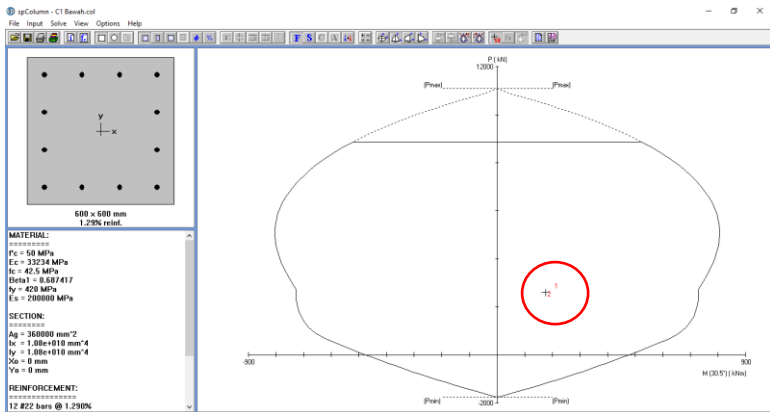
$$\text{Sisi terpendek kolom} = 1000 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \dots OK$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.2 dinyatakan bahwa rasio dimensi penampang tidak boleh kurang dari 0,4.

$$\frac{b}{h} = \frac{600}{600} = 1 > 0,4 \dots OK$$

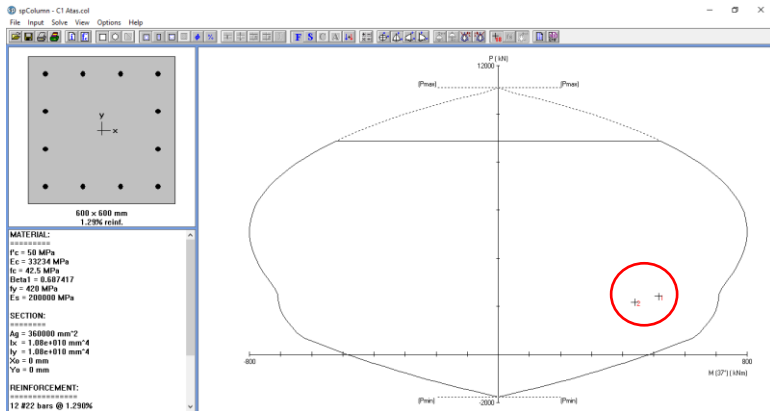
### B. Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  atau lebih dari 0,06  $A_g$ . Perencanaan tulangan longitudinal ini dibantu dengan program spColumn dengan memasukkan data-data perencanaan sebelumnya. Output dari program spColumn dapat dilihat pada **Gambar 5.7** dan **Gambar 5.8** berikut.



**Gambar 5.8 Output Program spColumn Kolom C1 Bawah**





**Gambar 5.9 Output Program spColumn Kolom C1 Atas**

Berdasarkan kedua gambar hasil output program spColumn, simbol positif (di dalam lingkaran merah) yang dikeluarkan program spColumn menunjukkan bahwa kolom ini masih bisa menerima beban gaya yang lebih besar lagi daripada beban yang terjadi pada struktur stadion ini. Sehingga untuk perencanaan stadion ini, dimensi kolom dapat atau dimensi tulangan longitudinal dapat diperkecil.

#### Kontrol Spasi Tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times \text{cover} - 2\phi_{\text{senggang}} - n \times \phi_{\text{tul. utama}}}{n - 1}$$

$$\geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{600 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 4 \times 22}{4 - 1}$$

$$= 135,3 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

*Tulangan dapat dipasang 1 baris*

#### **C. Persyaratan Strong Column – Weak Beam**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2 persyaratan *strong column – weak beam* harus dipenuhi dalam merancang komponen struktur yang menahan tekan, dengan syarat sebagai berikut:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

Dimana:

$\Sigma M_{nc}$  = Jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

$\Sigma M_{nb}$  = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka kedalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

### **Perhitungan $\Sigma M_{nb}$**

Pada kolom yang ditinjau terdapat 2 balok yang menumpu sehingga  $\Sigma M_{nb} = M_{nb_1} + M_{nb_2}$

$M_{nb_1}$  (Balok tipe B12)

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 13.2.4, lebar efektif pelat ( $B_e$ ) dapat dihitung

$$B_e = b_w + 2h_w = 600 + 2 \times 840 = 2280 \text{ mm}$$

$$B_e = b_w + 8 \times h_f = 600 + 8 \times 160 = 1880 \text{ mm}$$

$$B_e = 2280 \text{ mm} \dots \text{menentukan}$$

Letak titik berat tulangan ( $y$ )

$$y = 40 + 10 + \frac{19}{2} = 59,5 \text{ mm}$$

Tinggi efektif actual ( $d_{\text{actual}}$ )

$$d_{actual} = 1000 - 59.5 = 940,5 \text{ mm}$$

Luas Tulangan (As)

$$As = As \text{ tekan} + As \text{ pelat}$$

$$\begin{aligned} &= 2552,78 + 2 \times \left( \frac{2280}{100} \right) \times 0,25 \times \pi \times 10^2 \times \frac{320}{420} \\ &= 5281,478 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Besar Nilai Mnb<sub>1</sub>

$$Mnb_1 = As f_y - As' \times f's \left( d - \frac{a}{2} \right) \pm As' \times f's \times (d - d'')$$

$$Mnb_1^+ = 202,38 \text{ kNm} \rightarrow \text{menentukan}$$

$$Mnb_1^- = 181.55 \text{ kNm}$$

Mnb<sub>2</sub> (Balok tipe B1)

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 13.2.4, lebar efektif pelat (Be) dapat dihitung

$$Be = bw + 2hw = 250 + 2 \times 340 = 930 \text{ mm}$$

$$Be = bw + 8 \times hf = 250 + 8 \times 160 = 1530 \text{ mm}$$

$$Be = 1530 \text{ mm} \dots \text{menentukan}$$

Letak titik berat tulangan (y)

$$y = 40 + 10 + \frac{19}{2} = 59,5 \text{ mm}$$

Tinggi efektif actual (d<sub>actual</sub>)

$$d_{actual} = 500 - 59.5 = 440,5 \text{ mm}$$

#### Luas Tulangan (As)

$$As = As \text{ tekan} + As \text{ pelat}$$

$$\begin{aligned} &= 567,286 + 2 \times \left( \frac{1530}{100} \right) \times 0,25 \times \pi \times 10^2 \times \frac{320}{420} \\ &= 2398,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### Besar Nilai Mnb<sub>2</sub>

$$Mnb_2 = As f_y - As' \times f's \left( d - \frac{a}{2} \right) \pm As' \times f's \times (d - d'')$$

$$Mnb_2^+ = 42,96 \text{ kNm} \rightarrow \text{menentukan}$$

$$Mnb_2^- = 33,95 \text{ kNm}$$

$$\Sigma Mnb = Mnb_1^+ + Mnb_2^+ = 245,34 \text{ kNm}$$

#### Perhitungan $\Sigma Mnc$

Nilai Mnc didapatkan melalui output program spColumn dengan menjumlahkan nilai Mnc kolom atas dengan Mnc kolom bawah. Berikut adalah **Gambar 5.9** dan **Gambar 5.10** menunjukkan output program spColumn

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

| Design/Required ratio $\Phi M_n/\mu \geq 1.00$ |          |            |            |                      |                      |
|--|----------|------------|------------|----------------------|----------------------|
| No.  | Pu<br>kN | Mux<br>kNm | Muy<br>kNm | $\Phi M_{nx}$<br>kNm | $\Phi M_{ny}$<br>kNm |
| 1  | 2924.63  | 171.11     | 105.29     | 626.99               | 385.81               |
| 2  | 2607.56  | 150.85     | 88.81      | 626.69               | 368.95               |
| 3  | 2293.94  | 119.86     | 261.01     | 313.75               | 683.24               |
| 4  | 2663.23  | 85.72      | 143.49     | 372.59               | 623.70               |
| 5  | 1121.28  | 52.32      | 221.95     | 161.47               | 684.98               |
| 6  | 1490.58  | 18.17      | 104.44     | 132.57               | 762.02               |

Gambar 5.10 Output spColumn Kolom C1 Bawah

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

| Design/Required ratio $\Phi M_n/\mu \geq 1.00$ |          |            |            |                      |                      |
|--|----------|------------|------------|----------------------|----------------------|
| No.  | Pu<br>kN | Mux<br>kNm | Muy<br>kNm | $\Phi M_{nx}$<br>kNm | $\Phi M_{ny}$<br>kNm |
| 1  | 2419.00  | 412.55     | 309.63     | 567.72               | 426.09               |
| 2  | 2175.80  | 351.18     | 264.35     | 564.73               | 425.10               |
| 3  | 1839.81  | 337.21     | 372.32     | 464.88               | 513.28               |
| 4  | 2174.82  | 345.32     | 316.70     | 515.25               | 472.54               |
| 5  | 858.01   | 182.19     | 255.49     | 376.36               | 527.78               |
| 6  | 1193.01  | 190.31     | 199.86     | 454.29               | 477.09               |

Gambar 5.11 Output spColumn Kolom C1 Atas

Nilai  $\Sigma M_{nc}$  diambil nilai terendah dari masing – masing output sehingga nilai  $\Sigma M_{nc}$  adalah

$$\Sigma M_{nc} = 132,57 + 454,29 = 586,86 \text{ kNm}$$

**Kontrol Syarat Strong Column Weak Beam**

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$586,86 \geq 1,2 \times 245,34 = 294,408 \text{ kNm} \dots OK$$

Syarat strong column weak beam terpenuhi

#### D. Tulangan Transversal Untuk Pengekangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1 tulangan hoop diperlukan sepanjang  $l_o$  dari ujung – ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari:

- Tinggi komponen di joint,  $h = 600 \text{ mm}$
  - $1/6$  bentang bersih komponen struktur  $L_n$   

$$\frac{1}{6} \times L_n = \frac{1}{6} \times (3700 - 600) = 483,33 \text{ mm}$$
  - 450 mm
- Maka nilai  $l_o = 600 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847 Pasal 21.6.4.3 nilai spasi maksimum hoop ( $S_{max}$ ) merupakan nilai terbesar dari:

- $\frac{b}{4} = \frac{600}{4} = 150 \text{ mm}$
  - $6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
  - 100 mm
- Maka nilai  $S_{max} = 150 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara:

- $A_{sh1} = 0,3 \frac{sbc \times f'c}{f_y} \times \frac{A_g}{A_{ch}} - 1) = 142,01 \text{ mm}^2$
- $A_{sh2} = 0,09 \frac{sbc \times f'c}{f_y} = 128,57 \text{ mm}^2$

$$A_{\phi 13} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{142,01}{128,57} = 1,06 \cong 2D13$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5 untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi dengan  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) diberi *hoop* dengan spasi minimum:

$$6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan 2D13-132 mm

E. Tulangan Transversal Untuk Beban Geser  
Dari hasil output ETABS didapatkan:

$$V_u =$$

Nilai  $M_{pr}$  didapatkan dari program spColumn menggunakan  $f_s = 1,25 f_y$  dan didapatkan nilai

$$M_{pr \text{ bawah}} = 104,44 \text{ kNm}$$

$$M_{pr \text{ atas}} = 396,43 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{104,44 + 396,43}{3,7} = 135,37 \text{ kN}$$

Perhitungan Penulangan Geser

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$

$$50\% V_e > V_u$$

$$50\% \times 135,37 >$$

- Gaya tekan aksial terfaktor ( $P_u$ ) <  $A_g f'_c / 20$

$$\frac{360000 \times 50}{20} = 900000 \text{ N} < 2924626,2 \text{ N} \rightarrow \text{diperhitungkan}$$

- Hitung kuat Geser beton apabila ikut berkontribusi menahan geser

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 610920,678 \text{ N} = 610,9 \text{ kN}$$

- Hitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung – ujung kolom. Besarnya nilai  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 2D13 dengan nilai

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \times 13^2 = 265,46 \text{ mm}^2 \text{ dengan nilai } S = 150 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,46 \times 420 \times 536}{150} = 398409,241 \text{ N}$$

$$= 398,067 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 0,75(610,9 + 398 + 0,67) = 756,9 \text{ kN}$$

$$> 135,37 \text{ kN} \dots OK$$

#### F. Sambungan Lewatan

Sambungan lewatan direncanakan berdasarkan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D_b &= 19 \text{ mm} \\ \Psi_e &= 1 \text{ (situasi lainnya)} \\ \Psi_t &= 1,3 \text{ (tulangan tanpa pelapis)} \\ \lambda &= 1 \text{ (beton normal)} \\ \Psi_s &= 0,8 \text{ (}\phi \text{ tulangan } \leq 19 \text{ mm)} \end{aligned}$$

$$l_d = D_b \times \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} = 19 \times \frac{420 \times 1,3 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{40}}$$

$$= 600,83 \text{ mm}$$



## 5.7 Hubungan Balok – Kolom

### Cek Syarat Panjang Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar.

$$\begin{aligned} b &= 600 \text{ mm} \\ h &= 600 \text{ mm} \\ 20 d_b &= 20 \times 22 = 440 \text{ mm} \\ b, h &\geq 440 \text{ mm} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

### Menghitung Luas Efektif Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.7.4.1, luas efektif joint dapat dihitung dengan metode sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b &= 250 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ x &= \frac{600 - 250}{2} = 175 \text{ mm} \\ h_{\text{joint}} &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar *joint* efektif merupakan nilai terkecil dari:

$$\begin{aligned} b + h &= 250 + 500 = 750 \text{ mm} \\ b + 2x &= 250 + 2 \times 175 = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

$$A_j = 600 \times 500 = 300000 \text{ mm}^2$$

### Menghitung Tulangan Transversal untuk Confinement

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.7.3.2 spasi tulangan *confinement* diijinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\text{Dipakai } s = 150 \text{ mm}$$

Menghitung Gaya Geser pada Joint

$$Me = \frac{64,76 + 48,3}{2} = 56,53 \text{ kNm}$$

$$V_{sway} = \frac{56,53 + 56,53}{3,8} = 29,75 \text{ kN}$$

$$T_{kanan} = As \times 1,25fy = 567,285 \times 1,25 \times 420 = 297,8 \text{ kN}$$

$$T_{kiri} = As \times 1,25fy = 567,285 \times 1,25 \times 420 = 297,8 \text{ kN}$$

$$V_j = (297,8 + 297,8) - 29,75 = 565,85 \text{ kN}$$

Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.7.4.1 kuat geser *joint* yang dikeang di 4 muka yang berlawanan adalah:

$$V_n = 1,7\sqrt{f'c} \times Aj = 1,7\sqrt{50} \times 300000 = 3606,24 \text{ kN}$$

$$FV_n = 0,75 \times 3606 = 2704,68 \text{ kN} > 565,85 \text{ kN} \dots OK$$

**Tabel 5.20 Rekapitulasi Perencanaan Kolom**

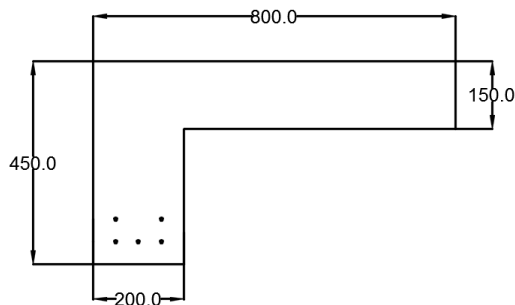
| Jenis Kolom | Dimensi   | Tulangan Utama | Tulangan Geser |
|-------------|-----------|----------------|----------------|
| <b>C1</b>   | 600 x 600 | 12D22          | D13-150        |
| <b>C2</b>   | 500 x 500 | 8D22           | D13-150        |
| <b>C3</b>   | 400 x 400 | 4D22           | D13-150        |

## BAB VI PERENCANAAN TRIBUN

### 6.1 Perencanaan Balok Tribun Pratekan

Perencanaan balok tribun pratekan pada stadion ini direncanakan dengan metode pra-tarik (*pre-tension*) menggunakan kawat baja prategang. Data perencanaan balok tribun pratekan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f'_c &= 50 \text{ MPa} \\ f_y &= 420 \text{ MPa} \\ \text{Bentang} &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 6.1 Bentuk dan Dimensi Balok Tribun Pratekan**

#### A. *Section Properties* Balok

Berdasarkan Gambar 6.1, spesifikasi balok secara rinci ditunjukkan pada **Tabel 6.1** berikut

**Tabel 6.1 Section Properties Balok**

| No.   | Dimensi |       | Luas | Jarak<br>thd<br>Alas | Statis<br>Momen | Momen<br>Inersia | Inersia<br>Momen |
|-------|---------|-------|------|----------------------|-----------------|------------------|------------------|
|       | b (m)   | h (m) | A    | y                    | A*y             | A*y <sup>2</sup> | Io               |
| 1     | 0.2     | 0.3   | 0.06 | 0.15                 | 0.009           | 0.00135          | 0.00045          |
| 2     | 0.8     | 0.15  | 0.12 | 0.375                | 0.045           | 0.016875         | 0.000225         |
| Total |         | 0.45  | 0.18 |                      | 0.054           | 0.018225         | 0.000675         |

$$y_b = \frac{0,054}{0,18} = 0,3 \text{ m}$$

$$y_a = 0,45 - 0,3 = 0,15 \text{ m}$$

$$E = 4700\sqrt{50} = 33234,018 \text{ MPa}$$

## B. Pembebanan Pada Balok

### – Beban Sendiri Balok

$$\text{Luas Balok} = 0,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume Balok} = 0,18 \times 7 = 1,26 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Balok} = 1,26 \times 25 = 31,5 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{Balok}} = 31,5/7 = 4,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{Balok}} = \frac{1}{8} \times 4,5 \times 7^2 = 27,563 \text{ kNm}$$

### – Beban Hidup

$$\text{Beban hidup} = 2,87 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{Hidup}} = 2,87 \times 0,8 = 2,296 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{Hidup}} = \frac{1}{8} \times 2,296 \times 7^2 = 14,063 \text{ kNm}$$

– Kombinasi Beban

$$Q_{\text{Total}} = 1,2 \times 4,5 + 1,6 \times 2,296 = 9,0736 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{Max}} = \frac{1}{8} \times 9,0736 \times 7^2 = 55,576 \text{ kNm}$$

**C. Penentuan Tegangan Ijin Beton**

Kuat tekan pada keadaan awal

$$f_{ci} = 0,8 \times 50 = 40 \text{ MPa}$$

Tegangan beton yang diijinkan:

– Pada saat transfer:

$$\circ \text{ Tarik ijin} = 0,6 \times 40 = 24 \text{ MPa}$$

$$\circ \text{ Tekan ijin} = 0,5 \sqrt{40} = 3,16 \text{ MPa}$$

– Pada saat beban layan:

$$\circ \text{ Tekan ijin} = 0,45 \times 50 = 22,5 \text{ MPa}$$

$$\circ \text{ Tarik ijin} = 0,5 \sqrt{50} = 3,5355 \text{ MPa}$$

**D. Perhitungan Gaya Prategang Awal ( $F_o$ )**

$$Y_a = 150 \text{ mm}$$

$$Y_b = 300 \text{ mm}$$

$$I_o = 675000000 \text{ mm}^4$$

$$S_b = 675000000/300 = 2250000 \text{ mm}^3$$

$$S_t = 675000000/150 = 4500000 \text{ mm}^3$$

Asumsi  $e = 200 \text{ mm}$

– Perhitungan  $F_o$  atas

$$\sigma = -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{S_t} - \frac{M}{S_t}$$

$$3,5355 = -\frac{F_o}{180000} + \frac{F_o \times 200}{4500000} - \frac{55576000}{4500000}$$

$$F_o = \frac{3,5355 + 12,35}{0,0000055 - 0,000044} = 408489,729 \text{ N}$$

$$F_o = 408,48 \text{ kN}$$

- Perhitungan  $F_o$  bawah

$$-\sigma = -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e}{Sb} + \frac{M}{Sb}$$

$$-22,5 = -\frac{F_o}{180000} - \frac{F_o \times 200}{2250000} + \frac{55576000}{2250000}$$

$$F_o = \frac{-22,5 - 24,7}{0,0000055 + 0,000089} = -499768,47 \text{ N}$$

$$F_o = -499,768 \text{ kN}$$

- Kontrol Gaya Prategang

Kontrol  $\sigma$   $F_o$  atas  $\rightarrow$   $F_o$  atas dimasukkan ke perhitungan  $F_o$  bawah

$$-\sigma = -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e}{Sb} + \frac{M}{Sb}$$

$$-\sigma = -\frac{408489,73}{180000} - \frac{408489,73 \times 200}{2250000} + \frac{55576000}{2250000}$$

$$\sigma = 13,88 \text{ MPa} \leq 22,5 \text{ MPa} \dots OK$$

Kontrol  $\sigma$   $F_o$  bawah  $\rightarrow$   $F_o$  atas dimasukkan ke perhitungan  $F_o$  atas

$$\sigma = -\frac{Fo}{A} + \frac{Fo \times e}{St} - \frac{M}{St}$$

$$\sigma = -\frac{499768,47}{180000} + \frac{499768,47 \times 200}{4500000} - \frac{55576000}{4500000}$$

$$\sigma = 7,08 \text{ MPa} \geq 3,5355 \text{ MPa} \dots \text{Not OK}$$

Sehingga  $Fo = 408,489 \text{ kN}$

### E. Perhitungan Jumlah Wire

Spesifikasi *wire* yang digunakan adalah sebagai berikut:

*Prestressing wire* EN 10138 – BS 5896

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| $f_{pu}$                 | = 1670 MPa             |
| Diameter nominal         | = 8 mm                 |
| Luas ( $A_{st}$ )        | = 50,3 mm <sup>2</sup> |
| Beban Putus ( $P_{bs}$ ) | = 84 kN                |
| $E_s$                    | = 200000 MPa           |

Sehingga kebutuhan *wire* dapat dihitung sebagai berikut

$$n = \frac{Fo}{P_{bs}} = \frac{408,489}{84} = 4,86 \cong 5 \text{ buah wire}$$

### F. Cek Letak c.g.s

Dikarenakan nilai eksentrisitas pada perhitungan  $Fo$  masih merupakan nilai asumsi, maka perlu di buktikan apakah asumsi tersebut sudah merupakan nilai yang benar atau salah. Menurut Gambar 6.1, *wire* diletakkan dalam posisi *grid* berikut:

Baris 1 = 3 *wire*, jarak dari bawah = 65 mm

Baris 2 = 2 *wire*, jarak dari bawah = 130 mm

$$c.g.s = \frac{(3 \times 65) + (2 \times 130)}{5} = 91 \text{ mm dari bawah}$$

Maka nilai  $e$ ,

$e = 300 - 91 = 209 \text{ mm} \rightarrow$  nilai asumsi kurang lebih sudah benar sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan ulang.

Nilai  $F_o$  asli  $= 5 \times 84 = 420 \text{ kN}$

A wire  $= 5 \times 50,3 = 251,5 \text{ mm}^2$

Kontrol  $\sigma_{ijin}$  bawah

$$-\sigma = -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e}{Sb} + \frac{M}{Sb}$$

$$-\sigma = -\frac{420000}{180000} - \frac{420000 \times 209}{2250000} + \frac{55576000}{2250000}$$

$$\sigma = 16,65 \text{ MPa} < 22,5 \text{ MPa} \dots OK$$

Nilai  $f$  pakai  $= 420000/251,5 = 1669,98 \text{ MPa}$

## G. Perhitungan Kehilangan Prategang

– *Kehilangan Prategang Akibat Pemendekan Elastis*

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{33234,018} = 6,0179$$

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{0,000675}{0,18}} = 0,00612 \text{ m}$$



$$ke = \frac{A}{A} \times \left( 1 + \frac{e^2}{i^2} \right) = \frac{0,00025}{0,18} \times \left( 1 + \frac{0,209^2}{0,00612^2} \right) = 0,0176$$

$$\sigma_{pi} = \frac{n \times Pbs}{Aw} = \frac{5 \times 84}{0,00025} = 1669980,119 \text{ kPa}$$

$$\Delta\sigma_{pe'} = \frac{\sigma_{pi} \times n \times Ke}{1 + n \times Ke} = \frac{1669980,12 \times 6,0179 \times 0,0176}{1 + 6,0179 \times 0,0176} = 160532,069 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{bt} = \frac{\Delta\sigma_{pe'}}{n} - \frac{M \times e}{Ix} = \frac{160532,069}{6,0179} - \frac{27,5625 \times 0,209}{0,000675} = 18141,46 \text{ kPa}$$

$$\Delta\sigma_{pe} = 0,5 \times n \times \sigma_{bt} = 0,5 \times 6,0179 \times 18141,46 = 54587,025 \text{ kPa} = 54,58 \text{ MPa}$$

Persentase kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis adalah:

$$\frac{54,58}{1669,98} = 0,0327 = 3,27\%$$

– *Kehilangan Prategang Akibat Rangkak*

$$Kcr = 2 \text{ (metode pra tarik)}$$

$$N = 6,018$$

$$Fc_{ds} = 8,99 \text{ MPa}$$

$$CR = Kcr \times n \times f_{c_{ds}} = 2 \times 6,018 \times 8,99 = 108,316 \text{ MPa}$$

Persentase kehilangan pratekan akibat rangkak adalah:

$$\frac{108,316}{1669,98} = 0,0648 = 6,48\%$$

– *Kehilangan Prategang Akibat Susut*

$$RH = 0,7$$

$$Ksh = 1 \text{ (metode pra tarik)}$$

$$\frac{V}{s} = \frac{0,18}{2,5} \times 100 = 7,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Esh &= 8,2 \times 10^{-6} \times \left(1 - 0,06 \frac{V}{s}\right) \times (100 - RH) \\ &= 0,0004625 \end{aligned}$$

$$SH = Esh \times Ksh \times Es = 92,5 \text{ MPa}$$

Persentase kehilangan pratekan akibat susut adalah:

$$\frac{92,5}{1669,98} = 0,0554 = 5,54\%$$

– *Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja*

$$Kre = 50 \text{ MPa}$$

$$J = 0,05$$

$$C = 0,68$$

$$\begin{aligned} RE &= [Kre - J(SH + CR + ES)] \times C \\ &= [50 - 0,05(92,5 + 108,31 + 54,58)] \times 0,68 \\ &= 25,316 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Persentase kehilangan pratekan akibat relaksasi baja adalah:

$$\frac{25,316}{1669,98} = 0,0556 = 5,56\%$$

Total persentase kehilangan pratekan yang terjadi adalah:

$$5,54 + 5,56 + 6,48 + 3,27 = 20,86\%$$

Gaya Prategang Setelah Kehilangan adalah:

$$F_e = \frac{100 - 20,86}{100} \times 420000 = 334798,06 \text{ N}$$

#### H. Kontrol Lendutan

Syarat lendutan menurut SNI 2847:2013 Tabel 9.5b adalah:

$$\frac{L}{480} = \frac{7000}{480} = 14,583 \text{ mm}$$

Lendutan saat beban layan terjadi:

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{9,0736 \times 7^4}{33234018,72 \times 0,000675} = 0,0126 \text{ m}$$

$$\delta = 12,65 \text{ mm} < 14,583 \dots OK$$

#### I. Kontrol Momen Retak

$$I_x = 675000000 \text{ mm}^4$$

$$y_a = 150 \text{ mm}$$

$$f_{pe} = \frac{334798,06}{18000} + \frac{334798,06 \times 209}{4500000} = 17,41 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{675000000}{150} \times (0,62\sqrt{50} + 17,41) \\ &= 98071025 \text{ Nmm} = 98,07 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$0,8 M_u \leq 1,2 M_{cr} = 44,46 \leq 117,68 \text{ kNm} \dots OK$$

#### J. Kontrol Momen Nominal

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$d_p = 375 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= 50 \text{ MPa} \\ A_{ps} &= 251,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05 = 0,69$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left\{ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \times 0,17 \right\} \rightarrow \text{Untuk sembarang tulangan tekan yang dihitung.}$$

$$f_{ps} = 1444,63 \text{ MPa}$$

$$T = A_{ps} \times f_{ps} = 251,5 \times 1444,63 = 363325,97 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{363325,97}{0,85 \times 50 \times 800} = 10,686 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= T \times \left( dp - \frac{a}{2} \right) = 363325,97 \times \left( 375 - \frac{10,686}{2} \right) \\ &= 134305979 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn \geq Mu = 0,8 \times 134305979 \geq 55575800$$

$$107444783 \text{ Nmm} \geq 55575800 \text{ Nmm} \dots OK$$

## K. Penulangan Balok

– Perhitungan Tulangan Lentur Balok Bagian Bawah

$$\begin{aligned} b &= 200 \text{ mm} \\ h &= 450 \text{ mm} \\ \Phi \text{Tulangan Utama} &= 19 \text{ mm} \\ \Phi \text{Tulangan Sengkang} &= 10 \text{ mm} \\ \text{Decking} &= 40 \text{ mm} \\ d &= 390,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Mu = 55575800 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{55575800}{0,8 \times 200 \times 390,5^2} = 2,277 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 50} = 9,882$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{9,882} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,882 \times 2,277}{420}} \right) = 0,0056$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,69 \times 50}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0412$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0412 = 0,031$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,0056$$

$$As_{perlu} = 0,0056 \times 200 \times 390,5 = 435,57 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{435,57}{283,53} = 1,53 \cong 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{200 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 2 \times 19}{2 - 1} = 30 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

– *Perhitungan Tulangan Lentur Balok Bagian Atas*

|                    |         |    |
|--------------------|---------|----|
| b                  | = 800   | mm |
| h                  | = 150   | mm |
| ΦTulangan Utama    | = 19    | mm |
| ΦTulangan Sengkang | = 10    | mm |
| Decking            | = 40    | mm |
| d                  | = 110,5 | mm |

$$M_u = 55575800 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{55575800}{0,8 \times 800 \times 110,5^2} = 7,112 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 50} = 9,882$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{9,882} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,882 \times 7,112}{420}} \right) = 0,019$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,69 \times 50}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0412$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0412 = 0,031$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,019$$

$$A_{sperlu} = 0,019 \times 800 \times 110,5 = 1648,83 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1648,83}{283,53} = 5,8 \cong 6 \text{ buah}$$

$$S = \frac{800 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 6 \times 19}{6 - 1} = 103,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Pakai S = 100 mm

– *Perhitungan Tulangan Akibat Pengangkatan*

|                |          |                 |
|----------------|----------|-----------------|
| b              | = 800    | mm              |
| h              | = 150    | mm              |
| ΦTulangan      | = 19     | mm              |
| Decking        | = 40     | mm              |
| d              | = 110,5  | mm              |
| I <sub>x</sub> | = 67500  | cm <sup>4</sup> |
| Q Balok        | = 458,71 | kg/m            |

$$y_t = y_b = \frac{1}{2} \times 150 = 75 \text{ mm}$$

$$y_c = y_t + 3'' = 75 + 76,2 = 151,2 \text{ mm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 y_c}{L \times \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left( 1 + \frac{4 y_c}{L \times \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$= \frac{1 + \frac{4 \times 151,2}{7000 \times 1}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{75}{75} \left( 1 + \frac{4 \times 151,2}{7000 \times 1} \right)} \right)} = 0,222$$

$$X \times L = 0,222 \times 700 = 155 \text{ cm}$$

$$L - 2(X \times) = 700 - 2(155) = 390 \text{ cm}$$

#### Perhitungan Momen Angkat

Untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned} M+ &= \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Yc}{L \times tg\theta} \right) \times 1,2 \\ &= \frac{458,71 \times 7^2}{8} \left( 1 - 4 \times 0,222 + \frac{4 \times 0,151}{7 \times 1} \right) \times 1,2 \\ &= 665,97 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M- &= \frac{WX^2L^2}{8} \times 1,2 = \frac{458,71 \times 0,222^2 \times 7^2}{8} \times 1,2 \\ &= 665,97 \text{ kgm} \end{aligned}$$

#### Tegangan yang Terjadi Akibat Momen Angkat

$$f_{ijin} = 0,7\sqrt{50} = 4,95 \text{ MPa}$$

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{6659700}{4500000} = 1,48 \text{ MPa} < 4,95 \text{ MPa} \dots OK$$

#### Kebutuhan Tulangan Akibat Momen Angkat

$$Mu = 6659700 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{6659700}{0,8 \times 800 \times 110,5^2} = 0,76 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 50} = 9,882$$



$$\rho_{petu} = \frac{1}{9,882} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,882 \times 0,76}{420}} \right) = 0,0071$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,69 \times 50}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0412$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0412 = 0,031$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,0071$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0071 \times 800 \times 110,5 = 372,07 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{372,07}{283,53} = 1,31 \cong 2 \text{ buah}$$

#### Kontrol Kabel Angkat

$$W = 1,2 \times 3211 = 3585,2 \text{ kg}$$

Untuk masing-masing titik angkat:

$$P = \frac{W}{n} = \frac{3585,2}{2} = 1926,6 \text{ kg}$$

Kabel untuk pengangkatan digunakan:

$$D = 0,5 \text{ in} = 12,7 \text{ mm}$$

$$F_{pu} = 270 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ MPa}$$

$$A = 0,153 \text{ in}^2 = 98,7 \text{ mm}^2$$

$$P_{Kael} = 98,7 \times 1861,65 = 183774 \text{ N} = 18733,32 \text{ kg}$$

$$P_{Ijin} = \frac{18733,32}{4} = 4683,3 \text{ kg} \text{ (PCI Design Handbook 5.2.5)}$$

$$P < P_{Ijin} = 1926,6 < 4683,3 \text{ kg} \dots OK$$

– *Perencanaan Sambungan Balok Tribun*

Sambungan direncanakan menggunakan metode sambungan basah (cor ditempat)

## 6.2 Perencanaan Balok Miring Tribun

Balok miring tribun direncanakan sebagai tumpuan dari balok pratekan tribun yang sudah direncanakan sebelumnya. Data perencanaan balok tribun adalah sebagai berikut:

|                                    |        |    |
|------------------------------------|--------|----|
| • Tinggi Vertikal                  | = 750  | cm |
| • Tinggi Tanjakan ( <i>Riser</i> ) | = 45   | cm |
| • Injakan ( <i>Treat</i> )         | = 600  | cm |
| • Lebar                            | = 50   | cm |
| • Tebal <i>Waist</i>               | = 50   | cm |
| • Tebal Pelat                      | = 50   | cm |
| • Jumlah Tanjakan                  | = 21   | cm |
| • Jumlah Injakan                   | = 20   | cm |
| • Lebar Pelat                      | = 80   | cm |
| • Panjang Horizontal Balok         | = 1200 | cm |
| • Kemiringan                       | = 24°  |    |

### A. Perhitungan Penulangan Balok Arah Melintang

|        |       |    |
|--------|-------|----|
| Lebar  | = 500 | mm |
| Tinggi | = 500 | mm |

|                    |        |     |
|--------------------|--------|-----|
| Decking            | = 40   | mm  |
| Diameter Tulangan  | = 22   | mm  |
| Mutu Tulangan (fy) | = 420  | MPa |
| Mutu Beton (f'c)   | = 40   | MPa |
| Momen maksimum     | = 43,5 | kNm |

$$d = 500 - 40 - \frac{22}{2} = 449 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{43500000}{0,9 \times 500 \times 449^2} = 0,479 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,479}{420}} \right) = 0,0011$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,03619$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,03619 = 0,0271$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00333$$

$$A_{sperlu} = 0,00333 \times 500 \times 449 = 747,585 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{22} = 0,25 \times \pi \times 22^2 = 380,132 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{747,585}{380,132} = 1,9 \cong 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{500 - 2 \times 40 - 2 \times 22}{2 - 1} = 376 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \frac{449}{2} = 224,5 \text{ mm}$$

$S_{max} < S$  maka ditambahkan 1 buah tulangan sehingga

$$S = \frac{500 - 2 \times 40 - 3 \times 22}{3 - 1} = 177 \text{ mm}$$

Pakai  $S = 175 \text{ mm}$

#### B. Perhitungan Penulangan Balok Arah Memanjang

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Lebar                   | = 12000 mm    |
| Tinggi                  | = 500 mm      |
| Decking                 | = 40 mm       |
| Diameter Tulangan       | = 19 mm       |
| Diameter Sengkang       | = 10 mm       |
| Mutu Tulangan ( $f_y$ ) | = 420 MPa     |
| Mutu Beton ( $f'_c$ )   | = 40 MPa      |
| Momen maksimum          | = 1200.79 kNm |

$$d = 500 - 40 - 22 - \frac{19}{2} = 428,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{1200790000}{0,9 \times 12000 \times 429^2} = 0,6 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,6}{420}} \right) = 0,0014$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,036 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00333$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,00333 \times 12000 \times 428,5 = 7480,74 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{19} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{7480,74}{283,53} = 26,38 \cong 27 \text{ buah}$$

$$S = \frac{12000 - 2 \times 40 - 20 \times 19}{27 - 1} = 421,48 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 400 \text{ mm}$$

### C. Perhitungan Penulangan Pelat

$$\text{Lebar} = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 500 \text{ mm}$$

|                         |         |     |
|-------------------------|---------|-----|
| Decking                 | = 40    | mm  |
| Diameter Tulangan       | = 16    | mm  |
| Mutu Tulangan ( $f_y$ ) | = 420   | MPa |
| Mutu Beton ( $f'_c$ )   | = 40    | MPa |
| Momen Maksimum          | = 109,5 | kNm |

$$d = 500 - 40 - \frac{16}{2} = 452 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{109500000}{0,9 \times 800 \times 500^2} = 0,744 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,744}{420}} \right) = 0,0018$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,03619$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,03619 = 0,0271$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,002$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times 800 \times 452 = 723,2 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{16} = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{723,2}{201,06} = 3,59 \cong 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{800 - 2 \times 40 - 4 \times 16}{4 - 1} = 112 \text{ mm}$$

Pakai  $S = 110 \text{ mm}$

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB VII PERENCANAAN PONDASI

### 7.1 Spesifikasi Pondasi

Pada Tugas Akhir ini direncanakan pondasi menggunakan metode tiang pancang dengan spesifikasi sebagai berikut:

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| Diameter Luar                  | = 400 mm               |
| Cover                          | = 75 mm                |
| <i>Cross section</i>           | = 1571 cm <sup>2</sup> |
| Berat                          | = 393 kg/m             |
| <i>Bending Moment Crack</i>    | = 9 tm                 |
| <i>Bending Moment Ultimate</i> | = 18 tm                |
| P ijin                         | = 111,5 ton            |

### 7.2 Kontrol Tiang Pancang

Direncanakan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah pada titik kolom 81, dari program bantu ETABS didapatkan hasil sebagai berikut:

|                |              |
|----------------|--------------|
| F              | = 1174,78 kN |
| M <sub>x</sub> | = 135,36 kNm |
| M <sub>y</sub> | = 201,66 kNm |

Berdasarkan perhitungan daya dukung tungkang pancang didapatkan nilai P ijin di kedalaman 23 meter sebesar 65232,8 kg.

Direncanakan konfigurasi tiang pancang sebagai berikut:

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Jarak antar tiang arah X   | = 1,2 m |
| Jarak antar tiang arah Y   | = 1,2 m |
| Jarak tiang kesisi terluar | = 0,6 m |
| n arah X                   | = 2     |
| n arah Y                   | = 2     |
| L pilecap arah X           | = 2,4 m |
| L pilecap arah Y           | = 2,4 m |

$$X_1 = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ m}$$

$$n X_1^2 = 2 \times 0,6^2 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$X_2 = 1,2 + 0,6 = 1,8 \text{ m}$$

$$n X_2^2 = 2 \times 1,8^2 = 6,48 \text{ m}^2$$

$$\Sigma n X_i^2 = 2 \times (0,72 + 6,48) = 14,4 \text{ m}^2$$

$$Y_1 = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ m}$$

$$n Y_1^2 = 2 \times 0,6^2 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$Y_2 = 1,2 + 0,6 = 1,8 \text{ m}$$

$$n Y_2^2 = 2 \times 1,8^2 = 6,48 \text{ m}^2$$

$$Y_3 = 1,2 + 1,8 = 3 \text{ m}$$

$$n Y_3^2 = 2 \times 3^2 = 18 \text{ m}^2$$

$$\Sigma n Y_i^2 = 2 \times (0,72 + 6,48 + 18) = 50,4 \text{ m}^2$$

#### A. Efisiensi Tiang Pancang Dalam Group

Metode perhitungan menggunakan metode *Converse-Labarre*

$$\mu = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$\mu = 1 - \frac{ac \operatorname{tg} \left( \frac{0,4}{1,2} \right)}{90^\circ} \times \left( 2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = 0,8$$

$$P \text{ ijin 1 tiang dalam group} = 65232,8 \times 0,8 = 52186,24 \text{ kg}$$

Tinjauan terhadap beban arah X dan Y

$$\begin{aligned} P_{\max X} &= \frac{P}{n} + \frac{Mx \times Y_{\max}}{\Sigma n Y_1^2} = \frac{117478}{4} + \frac{13536 \times 3}{50,4} \\ &= 30175,21 \text{ kg} < 52186,24 \text{ kg} \dots OK \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\min X} &= \frac{P}{n} - \frac{Mx \times Y_{\max}}{\Sigma n Y_1^2} = \frac{117478}{4} - \frac{13536 \times 3}{50,4} \\ &= 28563,79 \text{ kg} < 52186,24 \text{ kg} \dots OK \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max Y} &= \frac{P}{n} + \frac{My \times Y_{\max}}{\Sigma n Y_1^2} = \frac{117478}{4} + \frac{20166 \times 3}{50,4} \\ &= 30569,86 \text{ kg} < 52186,24 \text{ kg} \dots OK \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\min Y} &= \frac{P}{n} - \frac{My \times Y_{\max}}{\Sigma n Y_1^2} = \frac{117478}{4} - \frac{20166 \times 3}{50,4} \\ &= 28169,14 \text{ kg} < 52186,24 \text{ kg} \dots OK \end{aligned}$$

## **B. Kontrol Kekuatan Tiang Pancang**

$$E = 4700\sqrt{f'c} = 4700 \times \sqrt{40} = 29725,4 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{64} \pi \times (40^4 - 32,5^4) = 70898,7 \text{ cm}^4$$

Kontrol Terhadap Gaya Aksial

$$P_{\text{Allow}} = 111,5 \text{ ton}$$

$$P_{\text{Beban}} < P_{\text{Allow}}$$

$$30,57 \text{ t} < 111,5 \text{ t} \dots \text{OK}$$

Kontrol Defleksi

Defleksi yang terjadi pada tiang pancang dihitung dengan metode sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_f &= 1,8 \times T \times \frac{EI}{nh} = 1,8 \times 5 \times \frac{297254 \times 70898,7}{0,06} \\ &= 366,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dengan nilai  $nh$  untuk tanah *soft normally-consolidated clay clay* antara 350-700  $\text{kN/m}^3$

$$Z_f = 1,8 \times 5 \times \frac{297254 \times 70898,7}{0,06} = 366,77 \text{ cm}$$

$$H = \frac{2Mn}{e + Z_f} = \frac{2 \times 9 \times 100000}{130 + 366,77} = 3623,4 \text{ kg}$$

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI} = \frac{3623,4(496,77)^3}{12 \times 297254 \times 70898,67} = 1,756 \text{ cm}$$

$$Y < Y_{\text{ijin}} = 1,756 < 1,85 \dots \text{OK}$$

### 7.3 Perencanaan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Adapun data-data yang digunakan untuk perencanaan poer adalah sebagai berikut:

|                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| Pmax (1 tiang)                | = 30,18 ton           |
| Jumlah Tiang Pancang          | = 4 buah              |
| Dimensi Poer                  | = 2,4 x 2,4 x 1 m     |
| Mutu Beton ( $f'_c$ )         | = 40 MPa              |
| Mutu Baja ( $f_y$ )           | = 420 MPa             |
| Diameter Tulangan             | = 22 mm               |
| Cover                         | = 75 mm               |
| $\lambda$                     | = 1 (Beton Normal)    |
| $\alpha_s$                    | = 40 (Kolom interior) |
| Tinggi Efektif (d)            |                       |
| $d_x = 1000 - 75 - 22/2$      | = 912,5 mm            |
| $d_y = 1000 - 75 - 22 - 22/2$ | = 890,5 mm            |

#### 7.3.1 Kontrol Geser Pons

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

##### A. Akibat Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1 kekuatan geser yang disediakan oleh beton ( $V_c$ ) harus ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Tebal efektif balok poer:

Arah x (dx) = 912,5 mm

Keliling penampang kritis

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana:  $b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2(600 + 912,5) + 2(600 + 912,5) = 6050 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{40} \times 6050 \times 912,5 \\ &= 17806904,09 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left( 40 \times \frac{912,5}{6050} + 2 \right) 1 \times \sqrt{40} \times 6050 \times 912,5 \\ &= 23279692,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 6050 \times 912,5 \\ &= 11626860,91 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas, diambil nilai  $V_c$  terkecil yaitu

$$V_c = 11626860,91 = 11626,86 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 11626,86 > P_u - P_{max}$$

$$6976,12 \text{ kN} > 873,03 \text{ kN} \dots OK$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat gaya dari kolom.

## B. Akibat Pancang

$$b_o = 0,25 \times \pi \times (600 + 912,5) + 2(600) = 2387,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{40} \times 2387,9 \times 912,5 \\ &= 7028325,36 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left( 40 \times \frac{912,5}{2387,9} + 2 \right) \times \sqrt{40} \times 2387,9 \times 912,5 \\ &= 19771370,31 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 2387,9 \times 912,5 \\ &= 4589083,03 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas, diambil nilai  $V_c$  terkecil yaitu  
 $V_c = 4589083,03 \text{ N} = 4589,083 \text{ kN}$

$$\phi V_c = 0,6 \times 4589,083 > P_{max}$$

$$2753,45 \text{ kN} > 301,7 \text{ kN} \dots OK$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat gaya dari pancang.

### 7.3.2 Penulangan Poer

#### A. Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 30,18 \text{ ton} \\
 P &= 2 \times 30,18 = 60,36 \text{ t} \\
 Q &= 2,4 \times 2,4 \times 1,0 = 5,76 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 5,76 \times 1,2 = 6,912 \text{ t/m} \\
 M_{ux} &= P a - \frac{1}{2} q_u x L^2 \\
 &= (60,36 \times 0,6) - (\frac{1}{2} \times 6,912 \times 2,4^2) \\
 &= 16,3 \text{ tm} \\
 &= 163036971,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{163036971,4}{0,8} = 203796214,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{203796214,3}{1000 \times 912,5^2} = 0,245 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,245}{420}} \right) \\
 &= 0,0005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{\min} < \rho_{\max}$$



$$\rho_{paai} = \rho_{min} = 0,002$$

$$As_{perlu} = 0,002 \times 1000 \times 912,5 = 1825 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{25} = 0,25 \times \pi \times 25^2 = 490,87 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1825}{490,87} = 3,71 \cong 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000-150}{4} = 212,5 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013} \\ \text{Pasal 7.6.5})$$

$$\text{Pakai } S = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur  $\emptyset 25 - 200 \text{ mm}$

#### B. Penulangan Arah Y

$$P_{max} = 30,18 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 30,18 = 60,36 \text{ t}$$

$$Q = 2,4 \times 2,4 \times 1,0 = 5,76 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 5,76 \times 1,2 = 6,912 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= P a - \frac{1}{2} q_u L^2 \\ &= (60,36 \times 0,6) - (\frac{1}{2} \times 6,912 \times 2,4^2) \\ &= 16,3 \text{ tm} \\ &= 163036971,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{163036971,4}{0,8} = 203796214,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{203796214,3}{1000 \times 890,5^2} = 0,257 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho_{pelu} = \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,257}{420}} \right)$$

$$= 0,0006$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,0271$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,002$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 890,5 = 1781 \text{ mm}^2$$

$$A\emptyset_{25} = 0,25 \times \pi \times 25^2 = 490,87 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1781}{490,87} = 3,63 \cong 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000-150}{4} = 212,5 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013}$$

Pasal 7.6.5)

$$\text{Pakai } S = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur  $\phi 25 - 200 \text{ mm}$

## **BAB VIII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **8.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa struktur yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tribun yang direncanakan menggunakan beton pracetak pratekan, dengan metode pratekan dihasilkan ukuran penampang yang lebih hemat namun tetap kuat untuk menahan beban yang terjadi. Dengan ukuran penampang yang minimum dihasilkan penampang yang ringan sehingga dapat memperkecil permasalahan pada saat proses pengangkatan.
2. Berdasarkan analisa gempa, pengaruh beban gempa yang bekerja terhadap struktur tidak menimbulkan masalah yang berarti dikarenakan hasil dari kontrol menyatakan bahwa struktur mampu menahan beban gempa yang terjadi.
3. Berdasarkan perencanaan atap, pengaruh beban angin yang terjadi masih dapat diatasi dengan konstruksi atap yang direncanakan.

#### **8.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data angin yang terjadi di Indonesia belum tercatat dengan baik oleh pihak yang bersangkutan sehingga untuk perencanaan beban angin masih menggunakan peraturan lama dari PPIUG 1983.

2. Perkembangan teknologi beton dan bahan agar selalu ditingkatkan sehingga bisa menghasilkan material yang efisien untuk kemajuan pembangunan di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. SNI 1727 - 2013.
- . 2013. **Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung**. SNI 2847 - 2013.
- . 2015. **Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**. SNI 1729 - 2015.
- . 2012. **Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung**. SNI 7833 - 2012.
- . 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung**. SNI 1726 - 2012.
- International Federation for Structural Concrete (fib). 2003. **Seismic Design of Precast Concrete Building Structures**. Switzerland: Federal Institute of Technology Laussane.
- Khakim, Z, R Anwar, and H Hasyim. 2012. **Studi Pemilihan Pengerjaan Beton Antara Pracetak dan Konvensional Pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung**. Malang: Universitas Brawijaya.
- Lin, T Y, and H Burns. 1988. **Desain Struktur Beton Prategang**. Jakarta: Erlangga.
- Riyanto, H. 2010. **Perilaku Statis Struktur Beton Pracetak Dengan Sistem Sambungan Basah**. Bandar Lampung: Universitas Bandar Lampung.
- Wahjudi, H. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



|                   |  |                                      |  |           |  |                           |  |                       |  |
|-------------------|--|--------------------------------------|--|-----------|--|---------------------------|--|-----------------------|--|
| NAMA PROYEK       |  | = TRAM SURABAYA                      |  | Tipe BOR  |  | = Rotary drilling machine |  | Records               |  |
| KLIEN             |  | = PT. DARDELA YASA GUNA              |  | MULAI     |  | = 04 September 2015       |  | UD = Undisturb Sample |  |
| TITIK BOR         |  | = BHS-1                              |  | SELESAI   |  | = 05 September 2015       |  | CS = Core Sample      |  |
| LOKASI            |  | = JL. JOYOBOYO SURABAYA              |  | MASTERBOR |  | = OSIAS                   |  | SPT = SPT Test        |  |
| ELEVASI TITIK BOR |  | ± 0.00 METER DARI MUKA JALAN         |  |           |  |                           |  |                       |  |
| MUKA AIR TANAH    |  | -2.16 METER DARI MUKA TANAH SETEMPAT |  |           |  |                           |  |                       |  |

| Scale in m | Elevation (LWS) in m | Depth in m | Thickness in m | Legend | Type of Soil | Colour | Relative Density or Consistency | General Remarks | UD / CS    |             | SPT TEST   |             | Standard Penetration Test |                      |       |       | N - Value |
|------------|----------------------|------------|----------------|--------|--------------|--------|---------------------------------|-----------------|------------|-------------|------------|-------------|---------------------------|----------------------|-------|-------|-----------|
|            |                      |            |                |        |              |        |                                 |                 | Depth in m | Sample Code | Depth in m | Sample Code | N-Value Blow (30 cm)      | Blows per each 15 cm |       |       |           |
|            |                      |            |                |        |              |        |                                 |                 |            |             |            |             |                           | 15 cm                | 15 cm | 15 cm |           |

|       |        |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
|-------|--------|-----------------|--|--|------------------------|----------------|---------------------|--------------|--------|----------|--------|----------|----|-------|---------|----|---|---|---|--|--|--|
| 0.00  | 0.00   | START OF BORING |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 1.00  | -1.00  |                 |  |  | TIMBUNAN               |                |                     |              |        |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 2.00  | -2.00  |                 |  |  | LEMPUNG LERAU BERPASIR | COKLAT TERANG  | VERY SOFT TO MEDIUM | SPT 1 sd 8   |        |          | -2.00  | ✓ SPT 1  | 8  | 1     | 3       | 5  |   |   |   |  |  |  |
| 3.00  | -3.00  |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    | -2.50 |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 4.00  | -4.00  |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    | -4.00 | ✓ SPT 2 | 2  | 0 | 1 | 1 |  |  |  |
| 5.00  | -5.00  |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    | -4.50 |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 6.00  | -6.00  |                 |  |  | LEMPUNG BERPASIR       | ABU-ABU TERANG | VERY SOFT           | SPT = 1      |        |          | -6.00  | ✓ SPT 3  | 1  | 0     | 0       | 1  |   |   |   |  |  |  |
| 7.00  | -7.00  |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    | -6.50 |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 8.00  | -8.00  |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    | -8.00 | ✓ SPT 4 | 1  | 0 | 0 | 1 |  |  |  |
| 9.00  | -9.00  |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          |        |          |    | -8.50 |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 10.00 | -10.00 |                 |  |  | LEMPUNG BERPASIR       | ABU-ABU TERANG | VERY SOFT TO MEDIUM | SPT 1 sd 8   |        |          | -10.00 | ✓ SPT 5  | 8  | 1     | 3       | 5  |   |   |   |  |  |  |
| 11.00 | -11.00 |                 |  |  |                        |                | STIFF               | SPT 8 sd 10  |        |          | -10.50 |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 12.00 | -12.00 |                 |  |  |                        |                | STIFF               | SPT 9 sd 10  |        |          | -12.00 | ✓ SPT 6  | 10 | 2     | 4       | 6  |   |   |   |  |  |  |
| 13.00 | -13.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          | -12.50 |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 14.00 | -14.00 |                 |  |  |                        |                | STIFF               | SPT 9 sd 11  |        |          | -14.00 | ✓ SPT 7  | 9  | 1     | 3       | 6  |   |   |   |  |  |  |
| 15.00 | -15.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          | -14.50 |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 16.00 | -16.00 |                 |  |  |                        |                | STIFF               | SPT 11 sd 16 |        |          | -16.00 | ✓ SPT 8  | 11 | 2     | 4       | 7  |   |   |   |  |  |  |
| 17.00 | -17.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          | -16.50 |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 18.00 | -18.00 |                 |  |  |                        |                | VERY STIFF          | SPT 16 sd 23 |        |          | -18.00 | ✓ SPT 9  | 16 | 3     | 7       | 9  |   |   |   |  |  |  |
| 19.00 | -19.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          | -18.50 |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 20.00 | -20.00 |                 |  |  |                        |                | VERY STIFF          | SPT 23 sd 27 |        |          | -20.00 | ✓ SPT 10 | 23 | 4     | 6       | 15 |   |   |   |  |  |  |
| 21.00 | -21.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              |        |          | -20.50 |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 22.00 | -22.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              | -22.00 | ✓ SPT 11 | 27     | 5        | 9  | 16    |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 23.00 | -23.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              | -22.50 |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 24.00 | -24.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              | -24.00 | ✓ SPT 12 | 27     | 3        | 6  | 19    |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 25.00 | -25.00 |                 |  |  | VERY STIFF TO HARD     | SPT 27 sd 32   |                     |              | -24.50 |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 26.00 | -26.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              | -26.00 | ✓ SPT 13 | 32     | 6        | 11 | 21    |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 27.00 | -27.00 |                 |  |  | HARD                   | SPT 32 sd 46   |                     |              | -26.50 |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 28.00 | -28.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              | -28.00 | ✓ SPT 14 | 46     | 6        | 19 | 27    |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 29.00 | -29.00 |                 |  |  |                        |                |                     |              | -28.50 |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
| 30.00 | -30.00 |                 |  |  | HARD                   | SPT 38 sd 46   |                     |              | -30.00 | ✓ SPT 15 | 38     | 7        | 15 | 23    |         |    |   |   |   |  |  |  |
|       |        |                 |  |  |                        |                |                     |              | -30.50 |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |
|       |        |                 |  |  | END OF BORING          |                |                     |              |        |          |        |          |    |       |         |    |   |   |   |  |  |  |

### PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG (D40)

40

| Depth | Wdth | H    | LP | N-New | N-New | N-New | Dist  | g'    | pc    | New  | 2h  | New | Newseq | Gang  | to    | Pa   | S Pa  | Out = Outp + | Out = OutSP   |
|-------|------|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|--------|-------|-------|------|-------|--------------|---------------|
| (m)   | (m)  | (m)  |    | ft-L  | ft-R  | ft-R  | (m)   | (m/s) | (m/s) |      |     |     |        | (m)   | (m/s) | (m)  | (m)   | S Pa         | (ft-L) (ft-R) |
| 0.5   | 0    | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 6.0   | 33.0 | 8.0 | 8.0 | 1600   | 80.40 | 8.00  | 5.03 | 5.03  | 05.40        | 38.40         |
| 1     | 0.5  | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 6.4   | 36.1 | 8.0 | 8.0 | 1600   | 80.40 | 8.00  | 5.03 | 5.03  | 06.40        | 39.40         |
| 1.5   | 1    | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 6.7   | 38.0 | 8.0 | 8.0 | 1600   | 80.40 | 8.00  | 5.03 | 5.03  | 08.00        | 41.00         |
| 2     | 1.5  | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 7.1   | 39.0 | 8.0 | 8.0 | 1600   | 71.81 | 8.00  | 5.03 | 5.03  | 11.01        | 38.04         |
| 2.5   | 2    | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 14    | 36.0 | 8.0 | 8.0 | 1500   | 65.30 | 8.00  | 5.03 | 5.03  | 06.40        | 38.40         |
| 3     | 2.5  | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 18    | 18.0 | 8.0 | 8.0 | 1100   | 60.90 | 8.00  | 5.03 | 5.03  | 06.40        | 38.40         |
| 3.5   | 3    | 2.1  |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 1.703 | 0.703 | 2.1   | 4.3  | 4.0 | 4.0 | 1113   | 55.04 | 2.00  | 1.26 | 21.42 | 07.30        | 26.12         |
| 4     | 3.5  | 2.1  |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 1.703 | 0.703 | 2.8   | 4.0  | 4.0 | 4.0 | 870    | 48.74 | 2.00  | 1.26 | 32.67 | 01.41        | 37.24         |
| 4.5   | 4    | 2.1  |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 1.703 | 0.703 | 3.0   | 3.8  | 3.8 | 3.8 | 830    | 41.80 | 1.00  | 1.30 | 30.66 | 70.74        | 30.41         |
| 5     | 4.5  | 2.1  |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 1.703 | 0.703 | 3.2   | 3.8  | 3.8 | 3.8 | 680    | 34.90 | 1.27  | 1.11 | 34.66 | 08.40        | 33.00         |
| 5.5   | 5    | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 3.5   | 1.7  | 1.7 | 1.7 | 534    | 28.00 | 0.00  | 0.50 | 35.40 | 02.30        | 36.70         |
| 6     | 5.5  | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 3.8   | 1.6  | 1.6 | 1.6 | 380    | 16.40 | 0.70  | 0.40 | 35.60 | 05.47        | 36.40         |
| 6.5   | 6    | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 4.2   | 1.5  | 1.5 | 1.5 | 241    | 12.90 | 0.74  | 0.47 | 36.40 | 40.50        | 36.40         |
| 7     | 6.5  | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 4.6   | 1.4  | 1.4 | 1.4 | 212    | 10.71 | 0.71  | 0.44 | 36.60 | 47.00        | 36.60         |
| 7.5   | 7    | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 4.8   | 1.3  | 1.3 | 1.3 | 188    | 9.30  | 0.67  | 0.40 | 37.32 | 46.00        | 36.60         |
| 8     | 7.5  | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 5.3   | 1.3  | 1.3 | 1.3 | 238    | 11.00 | 0.64  | 0.40 | 37.72 | 40.67        | 36.60         |
| 8.5   | 8    | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 5.6   | 1.2  | 1.2 | 1.2 | 280    | 14.00 | 0.60  | 0.38 | 38.11 | 52.00        | 37.00         |
| 9     | 8.5  | 1.1  |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.703 | 0.703 | 6.0   | 1.2  | 1.2 | 1.2 | 357    | 17.04 | 0.59  | 0.37 | 38.40 | 06.42        | 38.21         |
| 9.5   | 9    | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 6.3   | 8.1  | 8.1 | 8.1 | 422    | 21.22 | 4.50  | 2.00 | 41.32 | 02.00        | 38.00         |
| 10    | 9.5  | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 6.7   | 8.7  | 8.7 | 8.7 | 507    | 25.47 | 4.30  | 2.74 | 44.60 | 00.50        | 39.10         |
| 10.5  | 10   | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 7.0   | 8.4  | 8.4 | 8.4 | 581    | 28.70 | 4.30  | 3.24 | 46.70 | 70.40        | 39.47         |
| 11    | 10.5 | 8.1  |    | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 1.703 | 0.703 | 7.4   | 8.1  | 8.1 | 8.1 | 670    | 33.81 | 4.00  | 3.94 | 48.74 | 00.40        | 37.70         |
| 11.5  | 11   | 10.1 |    | 10.0  | 10.   |       |       |       |       |      |     |     |        |       |       |      |       |              |               |



### PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG (D60)

d= 60

[illegible]

PERHITUNGAN DAYADUKUNG TIANG PANCANG (D80)

(diambil dari 80)

| Depth | MB   | N       | LP | N-case | N-case | N-case | Dist  | Q'      | qs      | N-case | SH   | N-case | N-case | Q-avg | qs      | SH   | S PA | SH = Output | SH = Output |
|-------|------|---------|----|--------|--------|--------|-------|---------|---------|--------|------|--------|--------|-------|---------|------|------|-------------|-------------|
| (m)   | Temp | (kN/m²) |    | 25     | 50     | 75     | (mm)  | (kN/m²) | (kN/m²) |        |      |        |        | (kN)  | (kN/m²) | (kN) | (kN) | SH = Output | SH = Output |
| 0.5   | 0    | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 60      | 330    | 90   | 90     | 1600   | 6040  | 6.00    | 6.00 | 600  | 6040        | 36.81       |
| 1     | 0.5  | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 64      | 361    | 90   | 90     | 1600   | 6040  | 6.00    | 6.00 | 600  | 6040        | 36.81       |
| 1.5   | 1    | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 67      | 380    | 90   | 90     | 1600   | 6040  | 6.00    | 6.00 | 600  | 6040        | 36.81       |
| 2     | 1.5  | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 11      | 328    | 90   | 90     | 1429   | 7181  | 6.00    | 6.00 | 600  | 7181        | 33.84       |
| 2.5   | 2    | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 14      | 365    | 90   | 90     | 1300   | 6520  | 6.00    | 6.00 | 600  | 6520        | 31.76       |
| 3     | 2.5  | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 18      | 188    | 90   | 90     | 1197   | 609   | 6.00    | 6.00 | 600  | 609         | 36.81       |
| 3.5   | 3    | 2.1     |    | 30     | 30     | 30     | 1.703 | 0.703   | 21      | 4.3    | 4.0  | 4.0    | 1113   | 5564  | 3.00    | 6.00 | 600  | 5564        | 16.65       |
| 4     | 3.5  | 2.1     |    | 30     | 30     | 30     | 1.703 | 0.703   | 25      | 4.6    | 4.0  | 4.0    | 670    | 4674  | 3.00    | 6.00 | 600  | 4674        | 16.35       |
| 4.5   | 4    | 2.1     |    | 30     | 30     | 30     | 1.703 | 0.703   | 28      | 3.8    | 3.8  | 3.8    | 829    | 4140  | 1.80    | 6.00 | 600  | 4140        | 12.83       |
| 5     | 4.5  | 2.1     |    | 30     | 30     | 30     | 1.703 | 0.703   | 32      | 3.8    | 3.8  | 3.8    | 838    | 4236  | 1.77    | 6.00 | 600  | 4236        | 14.88       |
| 5.5   | 5    | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 35      | 1.7    | 1.7  | 1.7    | 734    | 3686  | 0.82    | 6.00 | 600  | 3686        | 12.36       |
| 6     | 5.5  | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 38      | 1.6    | 1.6  | 1.6    | 639    | 3162  | 0.76    | 6.00 | 600  | 3162        | 10.34       |
| 6.5   | 6    | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 42      | 1.5    | 1.5  | 1.5    | 626    | 3140  | 0.74    | 6.00 | 600  | 3140        | 10.46       |
| 7     | 6.5  | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 46      | 1.4    | 1.4  | 1.4    | 586    | 2643  | 0.71    | 6.00 | 600  | 2643        | 9.81        |
| 7.5   | 7    | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 48      | 1.3    | 1.3  | 1.3    | 543    | 2728  | 0.67    | 6.00 | 600  | 2728        | 9.88        |
| 8     | 7.5  | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 53      | 1.3    | 1.3  | 1.3    | 488    | 2823  | 0.64    | 6.00 | 600  | 2823        | 8.34        |
| 8.5   | 8    | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 56      | 1.2    | 1.2  | 1.2    | 451    | 2386  | 0.62    | 6.00 | 600  | 2386        | 7.56        |
| 9     | 8.5  | 1.1     |    | 10     | 10     | 10     | 1.703 | 0.703   | 60      | 1.2    | 1.2  | 1.2    | 416    | 2686  | 0.58    | 6.00 | 600  | 2686        | 6.87        |
| 9.5   | 9    | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 63      | 6.1    | 6.1  | 6.1    | 450    | 2262  | 4.53    | 6.00 | 600  | 2262        | 7.54        |
| 10    | 9.5  | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 67      | 6.7    | 6.7  | 6.7    | 484    | 2432  | 4.36    | 6.00 | 600  | 2432        | 8.11        |
| 10.5  | 10   | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 70      | 8.4    | 8.4  | 8.4    | 518    | 2604  | 4.36    | 6.00 | 600  | 2604        | 8.48        |
| 11    | 10.5 | 8.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.703 | 0.703   | 74      | 8.1    | 8.1  | 8.1    | 548    | 2752  | 4.08    | 6.00 | 600  | 2752        | 9.38        |
| 11.5  | 11   | 10.1    |    | 100    | 100    | 100    | 1.703 | 0.703   | 77      | 9.8    | 9.8  | 9.8    | 588    | 2854  | 4.87    | 6.00 | 600  | 2854        | 9.88        |
| 12    | 11.5 | 10.1    |    | 100    | 100    | 100    | 1.926 | 0.926   | 82      | 9.8    | 9.8  | 9.8    | 628    | 3125  | 4.81    | 6.00 | 600  | 3125        | 10.32       |
| 12.5  | 12   | 10.1    |    | 100    | 100    | 100    | 1.926 | 0.926   | 87      | 9.7    | 9.7  | 9.7    | 666    | 3356  | 4.80    | 6.00 | 600  | 3356        | 11.19       |
| 13    | 12.5 | 10.1    |    | 100    | 100    | 100    | 1.926 | 0.926   | 91      | 9.6    | 9.6  | 9.6    | 718    | 3610  | 4.81    | 6.00 | 600  | 3610        | 12.63       |
| 13.5  | 13   | 9.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.926 | 0.926   | 96      | 8.6    | 8.6  | 8.6    | 768    | 3883  | 4.38    | 6.00 | 600  | 3883        | 13.88       |
| 14    | 13.5 | 9.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.926 | 0.926   | 100     | 8.8    | 8.8  | 8.8    | 818    | 4118  | 4.23    | 6.00 | 600  | 4118        | 15.23       |
| 14.5  | 14   | 9.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.926 | 0.926   | 105     | 8.4    | 8.4  | 8.4    | 869    | 4386  | 4.18    | 6.00 | 600  | 4386        | 14.58       |
| 15    | 14.5 | 9.1     |    | 80     | 80     | 80     | 1.926 | 0.926   | 110     | 8.3    | 8.3  | 8.3    | 944    | 4744  | 4.14    | 6.00 | 600  | 4744        | 15.81       |
| 15.5  | 15   | 11.1    |    | 110    | 110    | 110    | 1.926 | 0.926   | 114     | 10.0   | 10.0 | 10.0   | 972    | 4685  | 5.01    | 6.00 | 600  | 4685        | 16.38       |
| 16    | 15.5 | 11.1    |    | 110    | 110    | 110    | 1.926 | 0.926   | 118     | 9.8    | 9.8  | 9.8    | 1001   | 5033  | 4.88    | 6.00 | 600  | 5033        | 16.78       |
| 16.5  | 16   | 11.1    |    | 110    | 110    | 110    | 1.926 | 0.926   | 124     | 9.8    | 9.8  | 9.8    | 1032   | 5186  | 4.80    | 6.00 | 600  | 5186        | 17.38       |
| 17    | 16.5 | 11.1    |    | 110    | 110    | 110    | 1.926 | 0.926   | 128     | 9.7    | 9.7  | 9.7    | 1088   | 5517  | 4.88    | 6.00 | 600  | 5517        | 18.38       |
| 17.5  | 17   | 16.1    |    | 160    | 160    | 160    | 1.926 | 0.926   | 133     | 14.0   | 14.0 | 14.0   | 1152   | 5786  | 6.86    | 6.00 | 600  | 5786        | 19.36       |
| 18    | 17.5 | 16.1    |    | 160    | 160    | 160    | 1.922 | 0.922   | 138     | 13.8   | 13.8 | 13.8   | 1205   | 6059  | 6.82    | 6.00 | 600  | 6059        | 20.36       |
| 18.5  | 18   | 16.1    |    | 160    | 160    | 160    | 1.922 | 0.922   | 142     | 13.7   | 13.7 | 13.7   | 1258   | 6328  | 6.88    | 6.00 | 600  | 6328        | 21.88       |
| 19    | 18.5 | 16.1    |    | 160    | 160    | 160    | 1.922 | 0.922   | 147     | 13.6   | 13.6 | 13.6   | 1320   | 6686  | 6.76    | 6.00 | 600  | 6686        | 23.28       |
| 19.5  | 19   | 23.1    |    | 230    | 230    | 230    | 1.922 | 0.922   | 151     | 18.3   | 18.3 | 18.3   | 1407   | 7074  | 9.88    | 6.00 | 600  | 7074        | 33.88       |
| 20    | 19.5 | 23.1    |    | 230    | 230    | 230    | 1.922 | 0.922   | 156     | 18.1   | 18.1 | 18.1   | 1484   | 7486  | 9.88    | 6.00 | 600  | 7486        | 34.88       |
| 20.5  | 20   | 23.1    |    | 230    | 230    | 230    | 1.922 | 0.922   | 161     | 18.8   | 18.8 | 18.8   | 1559   | 7838  | 9.47    | 6.00 | 600  | 7838        | 36.13       |
| 21    | 20.5 | 23.1    |    | 230    | 230    | 230    | 1.922 | 0.922   | 165     | 18.8   | 18.8 | 18.8   | 1634   | 8210  | 9.36    | 6.00 | 600  | 8210        | 37.38       |
| 21.5  | 21   | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.922 | 0.922   | 170     | 21.8   | 21.8 | 21.8   | 1688   | 8536  | 10.81   | 6.00 | 600  | 8536        | 38.48       |
| 22    | 21.5 | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.922 | 0.922   | 174     | 21.6   | 21.6 | 21.6   | 1761   | 8854  | 10.81   | 6.00 | 600  | 8854        | 39.51       |
| 22.5  | 22   | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.922 | 0.922   | 178     | 21.4   | 21.4 | 21.4   | 1834   | 9176  | 10.71   | 6.00 | 600  | 9176        | 40.57       |
| 23    | 22.5 | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.922 | 0.922   | 184     | 21.2   | 21.2 | 21.2   | 1889   | 9384  | 10.62   | 6.00 | 600  | 9384        | 41.88       |
| 23.5  | 23   | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.922 | 0.922   | 188     | 21.0   | 21.0 | 21.0   | 1967   | 9887  | 10.52   | 6.00 | 600  | 9887        | 43.88       |
| 24    | 23.5 | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.929 | 0.929   | 193     | 20.8   | 20.8 | 20.8   | 2025   | 10177 | 10.43   | 6.00 | 600  | 10177       | 45.83       |
| 24.5  | 24   | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.929 | 0.929   | 198     | 20.7   | 20.7 | 20.7   | 2082   | 10465 | 10.33   | 6.00 | 600  | 10465       | 46.88       |
| 25    | 24.5 | 27.1    |    | 270    | 270    | 270    | 1.929 | 0.929   | 203     | 20.6   | 20.6 | 20.6   | 2159   | 11053 | 10.24   | 6.00 | 600  | 11053       | 48.84       |
| 25.5  | 25   | 32.1    |    | 320    | 320    | 320    | 1.929 | 0.929   | 207     | 24.1   | 24.1 | 24.1   | 2280   | 11462 | 12.08   | 6.00 | 600  | 11462       | 50.21       |
| 26    | 25.5 | 32.1    |    | 320    | 320    | 320    | 1.929 | 0.929   | 211     | 23.8   | 23.8 | 23.8   | 2361   | 11888 | 11.88   | 6.00 | 600  | 11888       | 51.88       |
| 26.5  | 26   | 32.1    |    | 320    | 320    | 320    | 1.929 | 0.929   | 216     | 23.7   | 23.7 | 23.7   | 2442   | 12372 | 11.88   | 6.00 | 600  | 12372       | 53.81       |
| 27    | 26.5 | 32.1    |    | 320    | 320    | 320    | 1.929 | 0.929   | 221     | 23.5   | 23.5 | 23.5   | 2488   | 12567 | 11.73   | 6.00 | 600  | 12567       | 54.88       |
| 27.5  | 27   | 46.1    |    | 460    | 460    | 460    | 1.929 | 0.929   | 225     | 33.4   | 33.4 | 33.4   | 2516   | 12645 | 16.73   | 6.00 | 600  | 12645       | 63.15       |
| 28    | 27.5 | 46.1    |    | 460    | 460    | 460    | 1.929 | 0.929   | 230     | 33.2   | 33.2 | 33.2   | 2642   | 12777 | 16.58   | 6.00 | 600  | 12777       | 64.88       |
| 28.5  | 28   | 46.1    |    | 460    | 460    | 460    | 1.929 | 0.929   | 235     | 32.8   | 32.8 | 32.8   | 2667   | 12802 | 16.44   | 6.00 | 600  | 12802       | 66.81       |
| 29    | 28.5 | 46.1    |    | 460    | 460    | 460    | 1.929 | 0.929   | 238     | 32.6   | 32.6 | 32.6   | 2688   | 12816 | 16.30   | 6.00 | 600  | 12816       | 68.88       |
| 29.5  | 29   | 38.1    |    | 380    | 380    | 380    | 1.929 | 0.929   | 244     | 26.7   | 26.7 | 26.7   | 2631   | 12327 | 13.36   | 6.00 | 600  | 12327       | 44.88       |
| 30    | 29.5 | 38.1    |    | 380    | 380    | 380    | 1.929 | 0.929   | 249     | 26.5   | 26.5 | 26.5   | 2673   | 12428 | 13.28   | 6.00 | 600  | 12428       | 46.78       |
|       | 30   | 38.1    |    | 380    | 380    | 380    | 2.929 | 1.929   | 258     | 26.1   | 26.1 | 26.1   | 2734   | 12682 | 13.03   | 6.00 | 600  | 12682       | 48.84       |



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

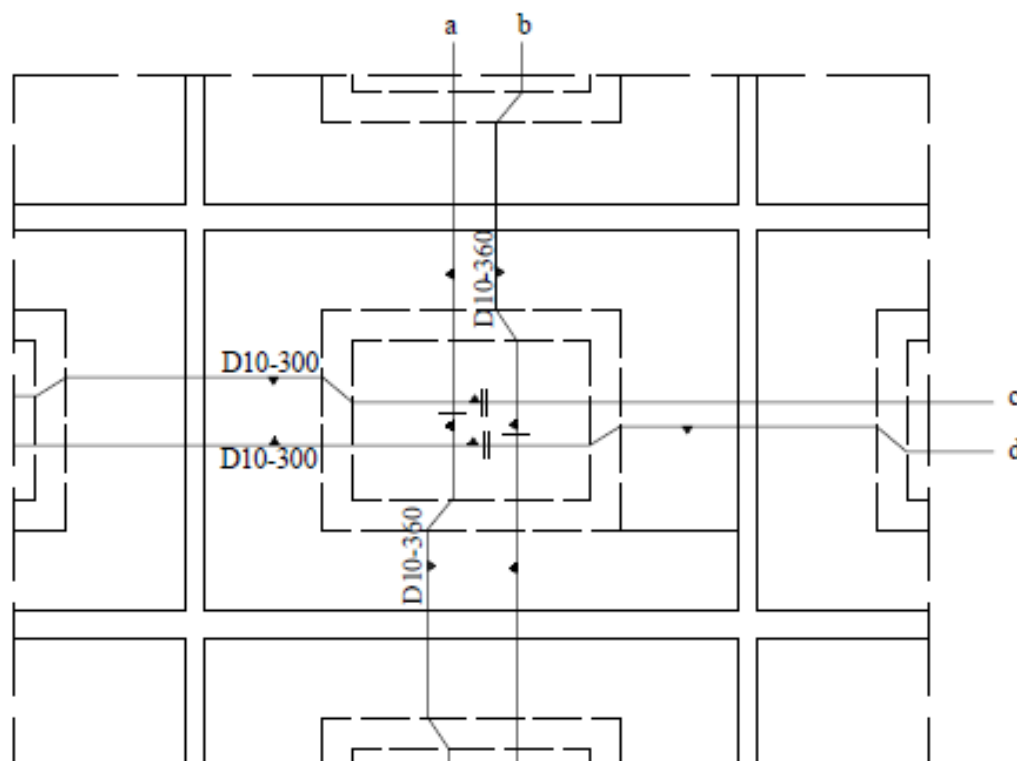
PENULANGAN PELAT


NOMOR  
GAMBAR

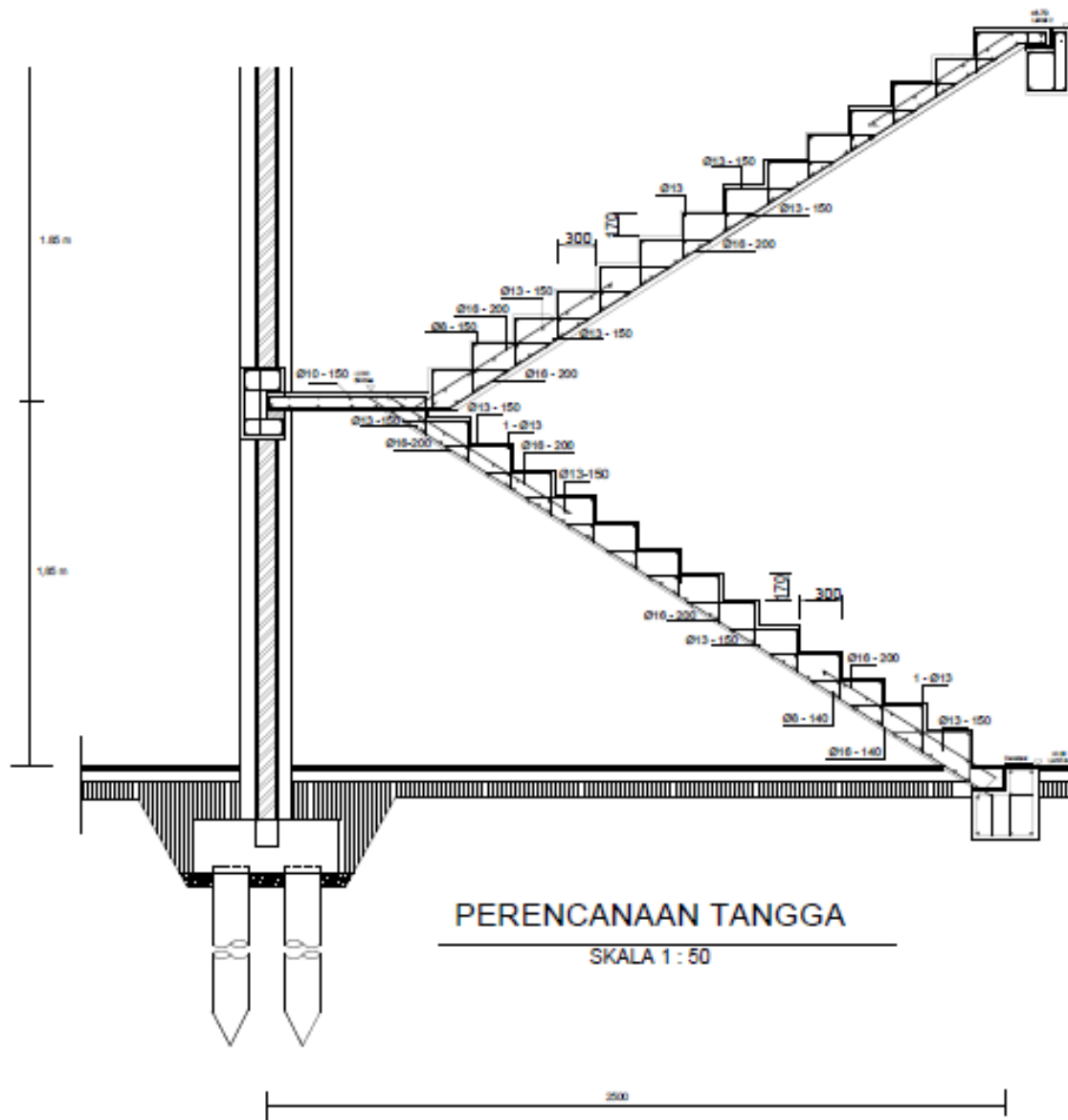
JUMLAH  
GAMBAR

01

12



 **PENULANGAN PELAT**  
SKALA 1: 100



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

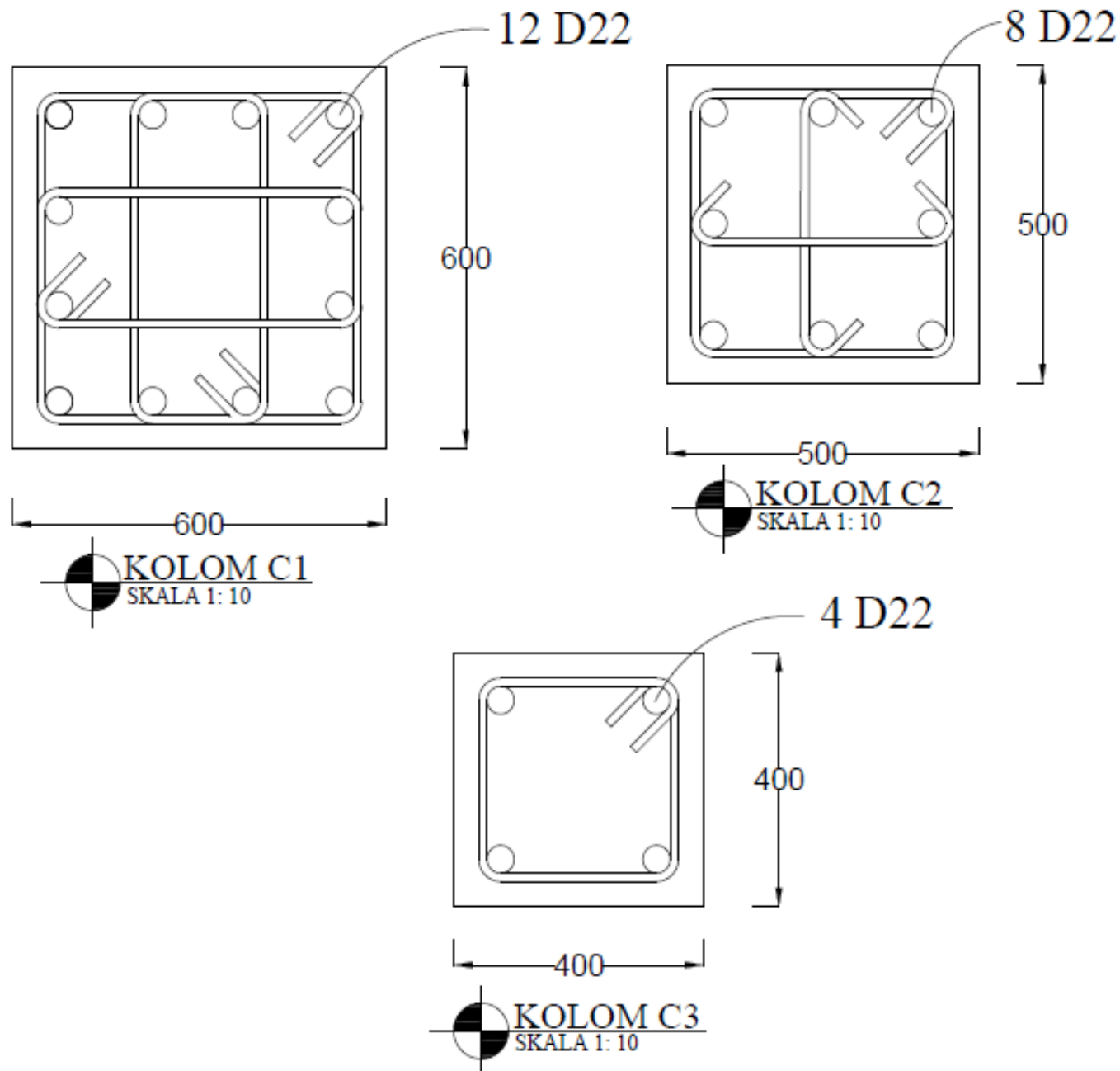
PERENCANAAN TANGGA

NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

02

12



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

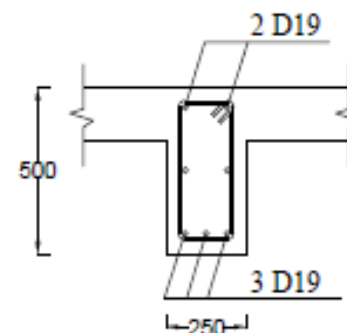
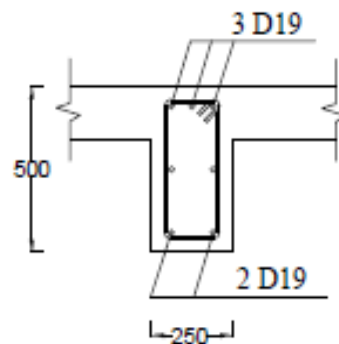
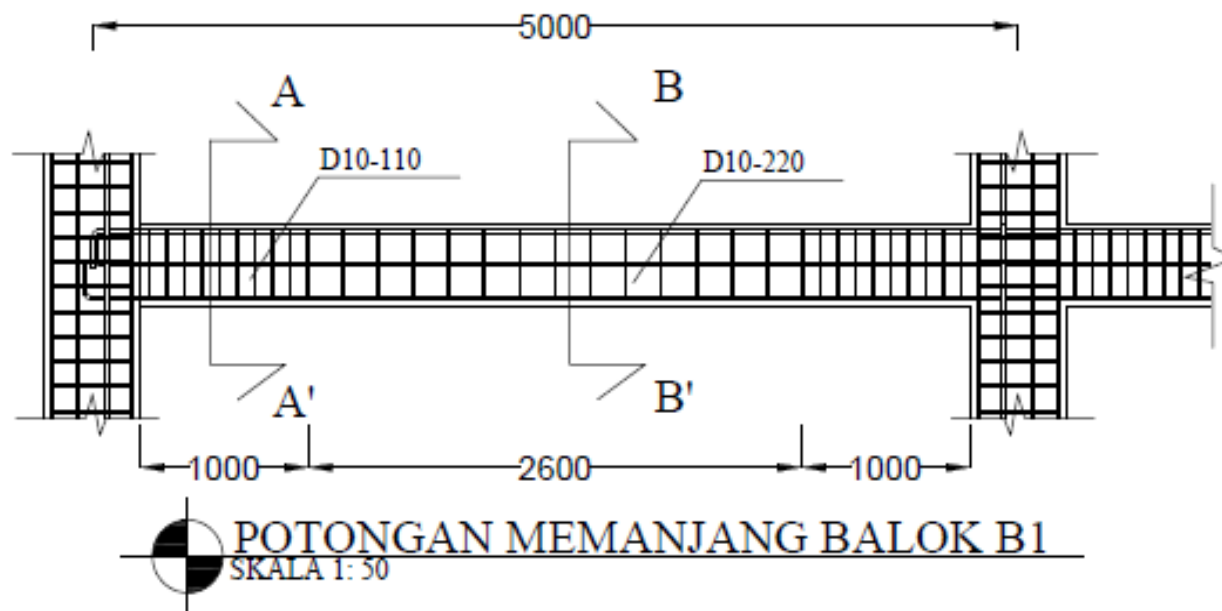
KOLOM

NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

03

12



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

BALOK B1

NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

04

12





FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

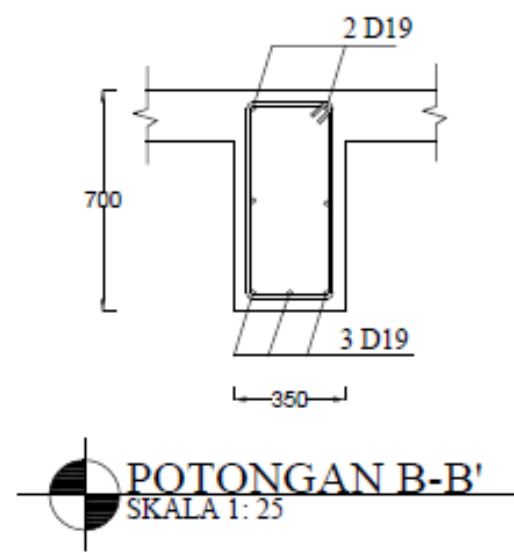
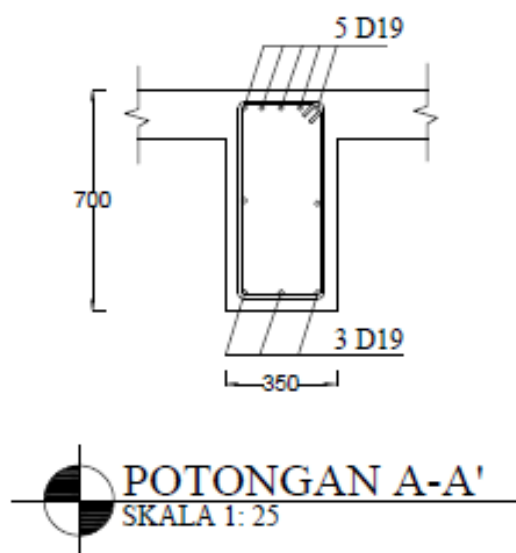
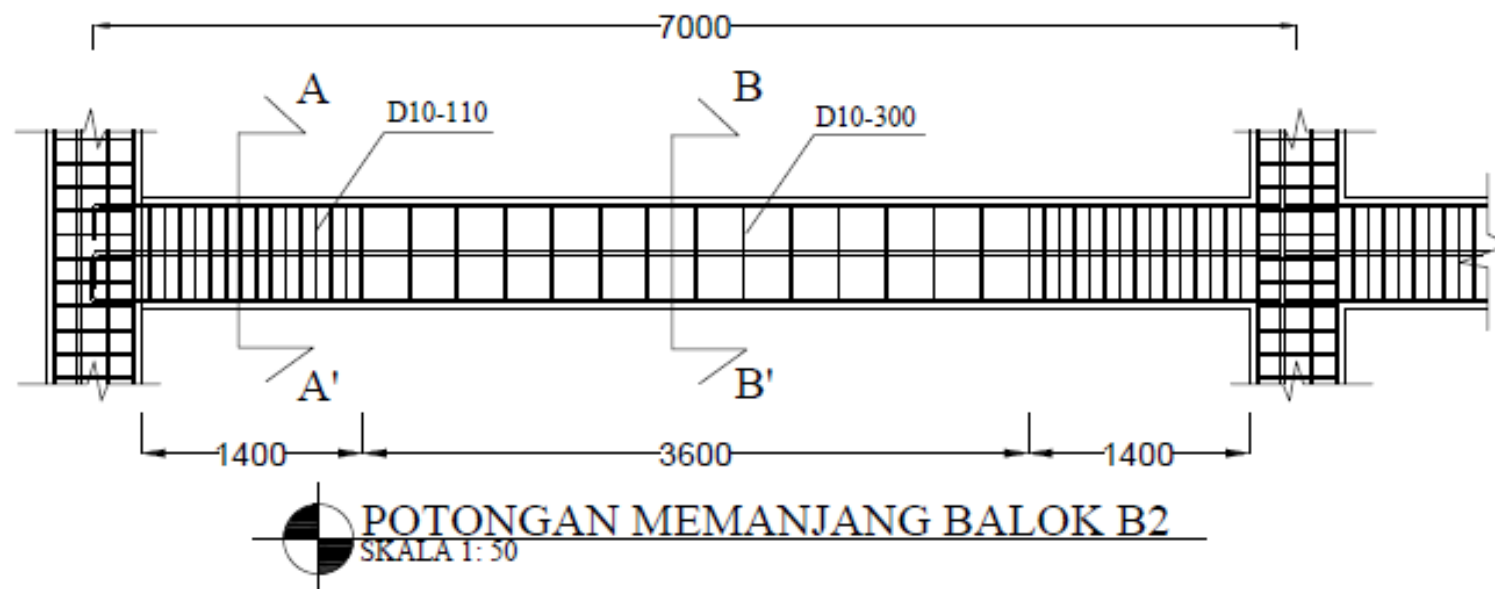
BALOK B2

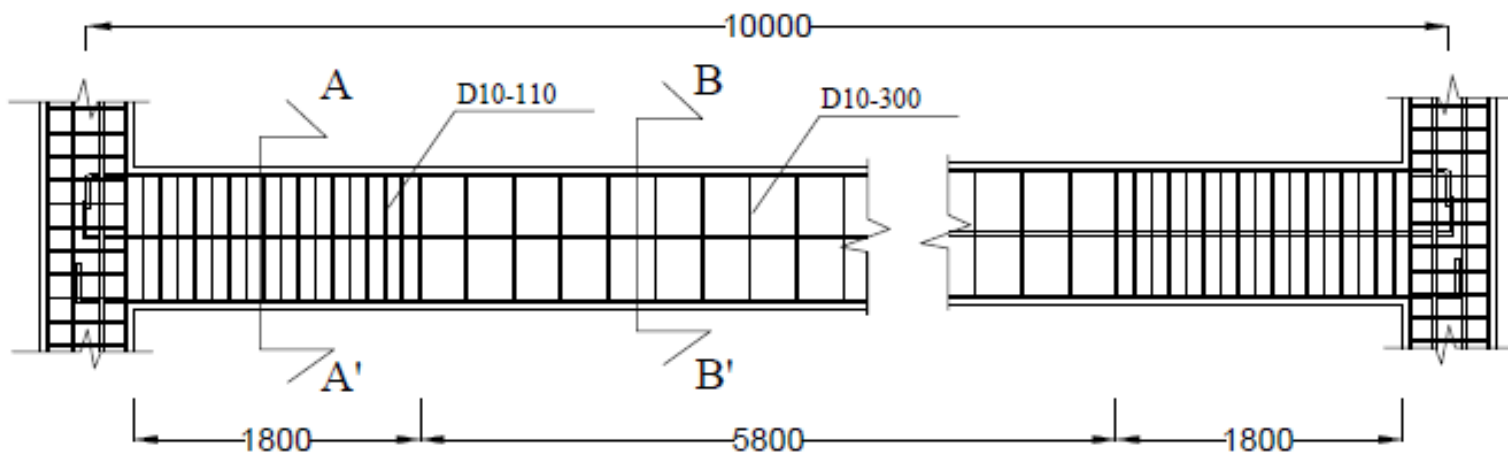
NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

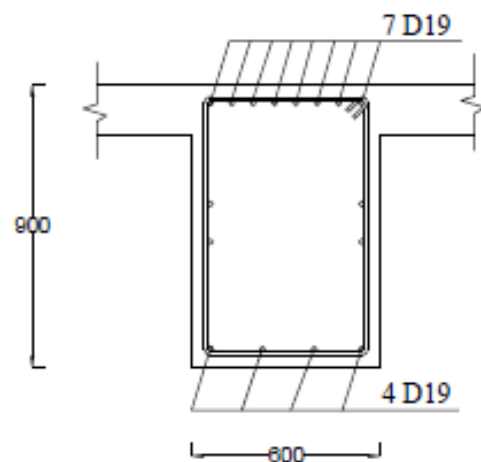
05

12

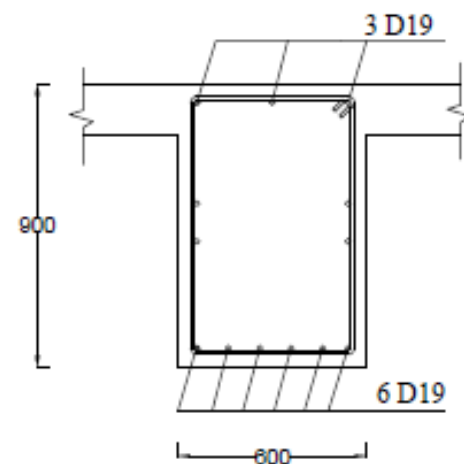




**POTONGAN MEMANJANG BALOK B10**  
SKALA 1: 50



**POTONGAN A-A'**  
SKALA 1: 25



**POTONGAN B-B'**  
SKALA 1: 25



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

BALOK B10

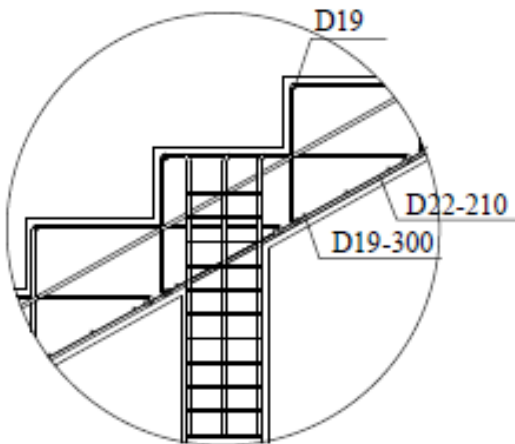
NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

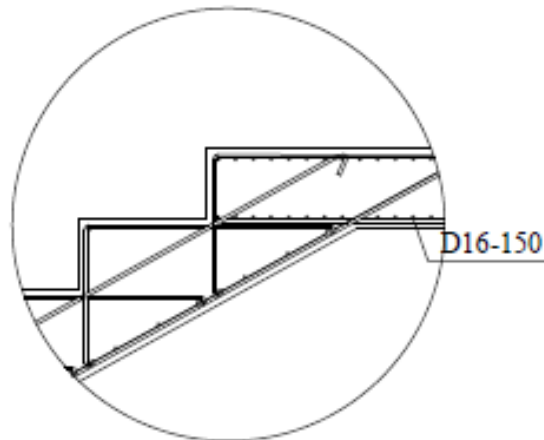
06

12

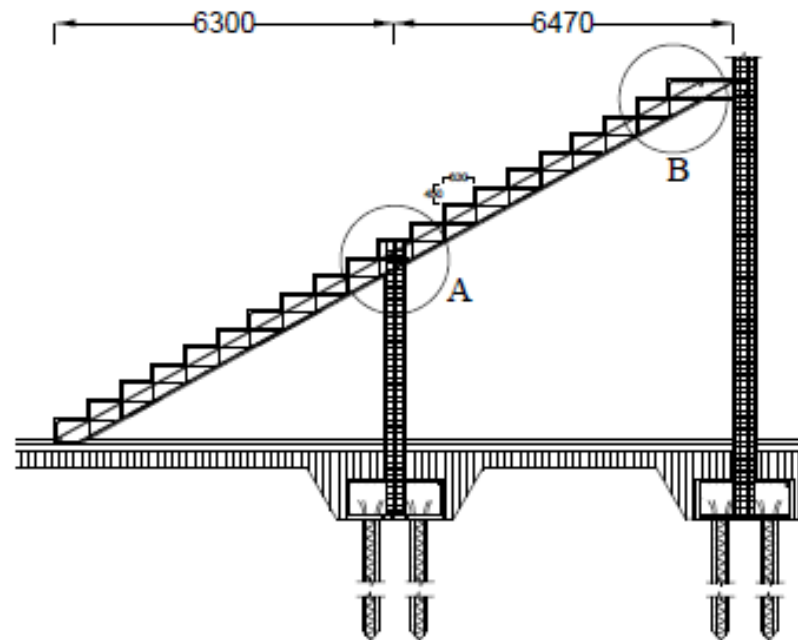




**DETAIL A**  
SKALA 1: 50



**DETAIL B**  
SKALA 1: 50



**BALOK MIRING TRIBUN**  
SKALA 1: 200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

BALOK MIRING TRIBUN

NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

07

12



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

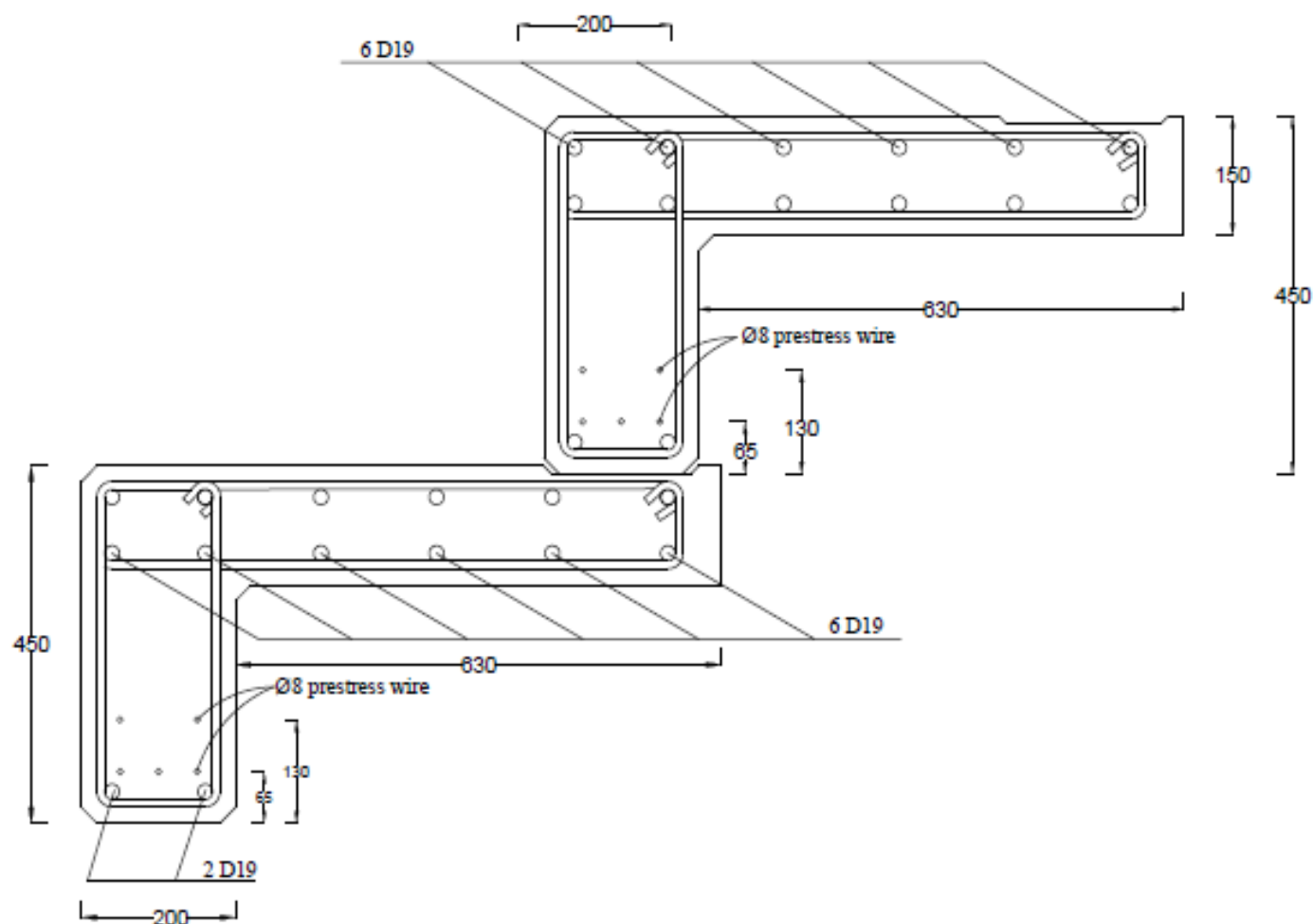
BALOK TRIBUN

NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

08

12



**BALOK TRIBUN PRATEKAN**  
SKALA 1: 10



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN  
PRACETAK

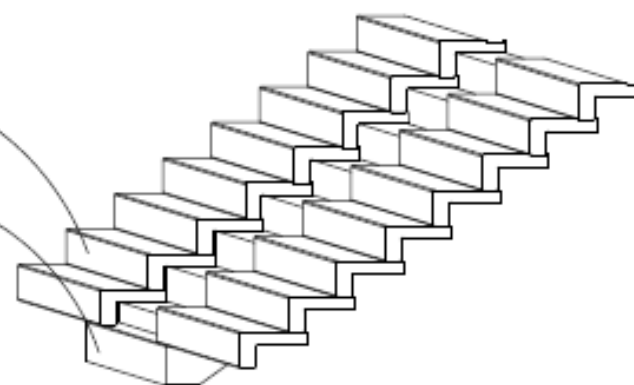
NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

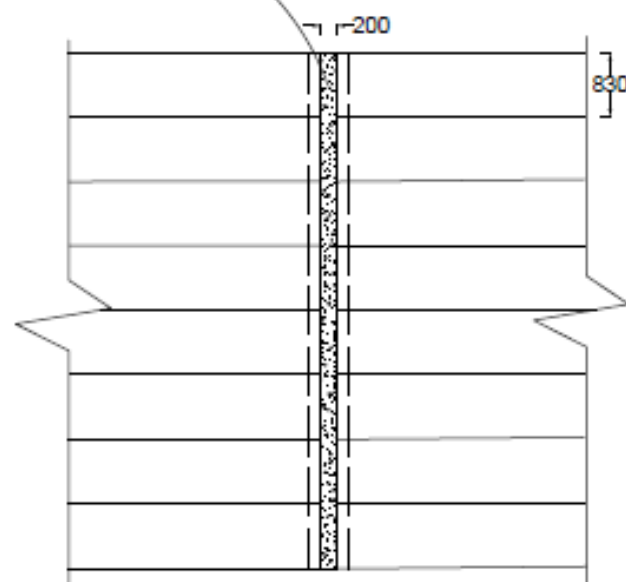
09

12

Balok Tribun  
Balok Miring Tribun

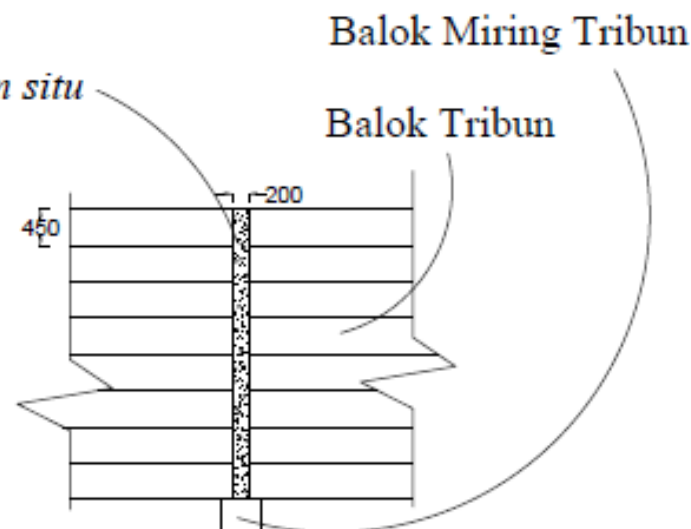



*cast in situ*



 **TAMPAK ATAS**  
SKALA 1: 100

*cast in situ*



 **TAMPAK DEPAN**  
SKALA 1: 100



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

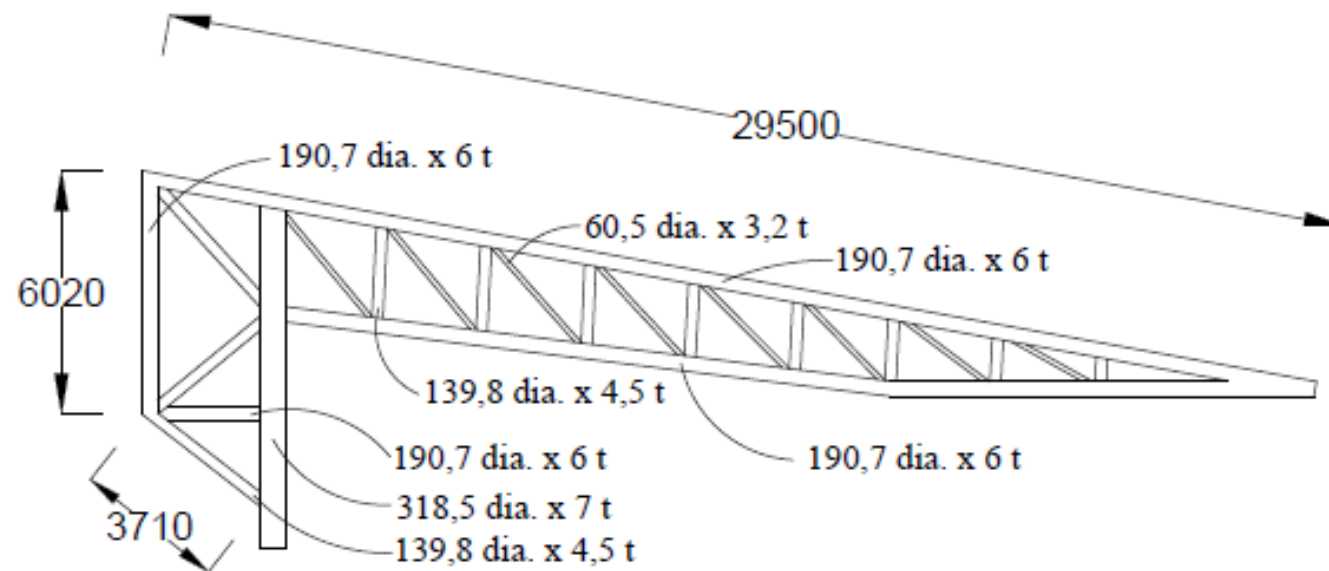
PERENCANAAN ATAP


NOMOR  
GAMBAR

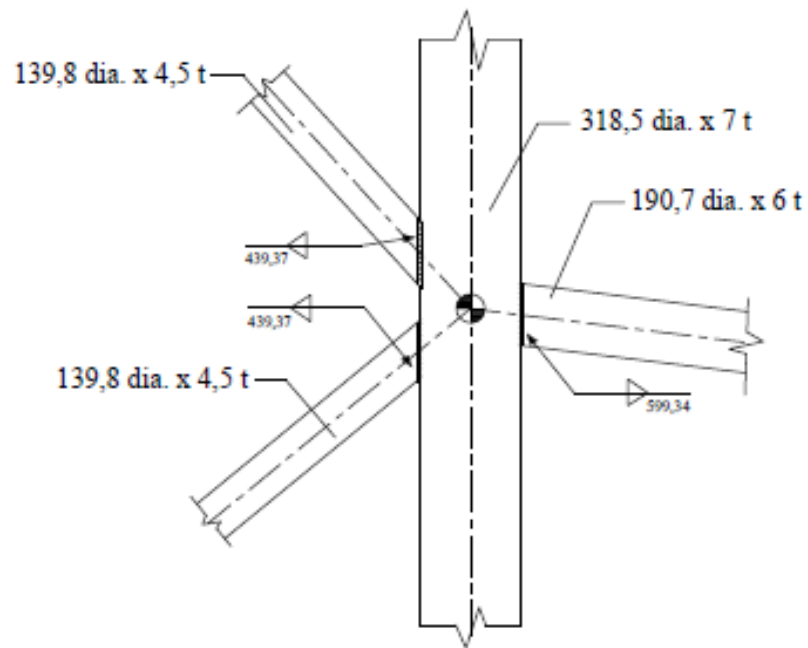
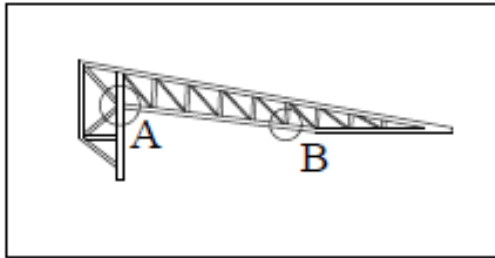
JUMLAH  
GAMBAR

10

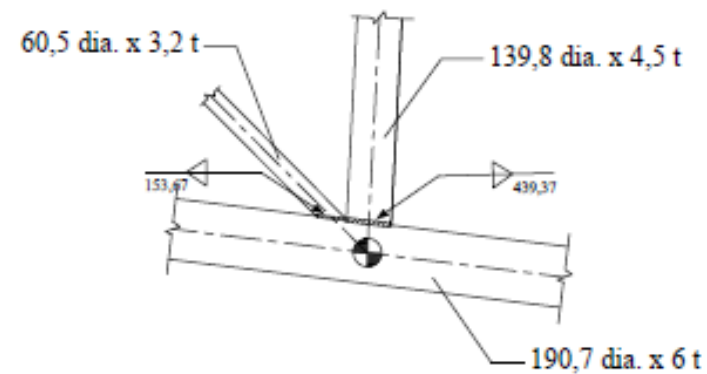
12



 **RENCANA ATAP**  
SKALA 1: 200



**DETAIL A**  
SKALA 1: 50



**DETAIL B**  
SKALA 1: 50



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

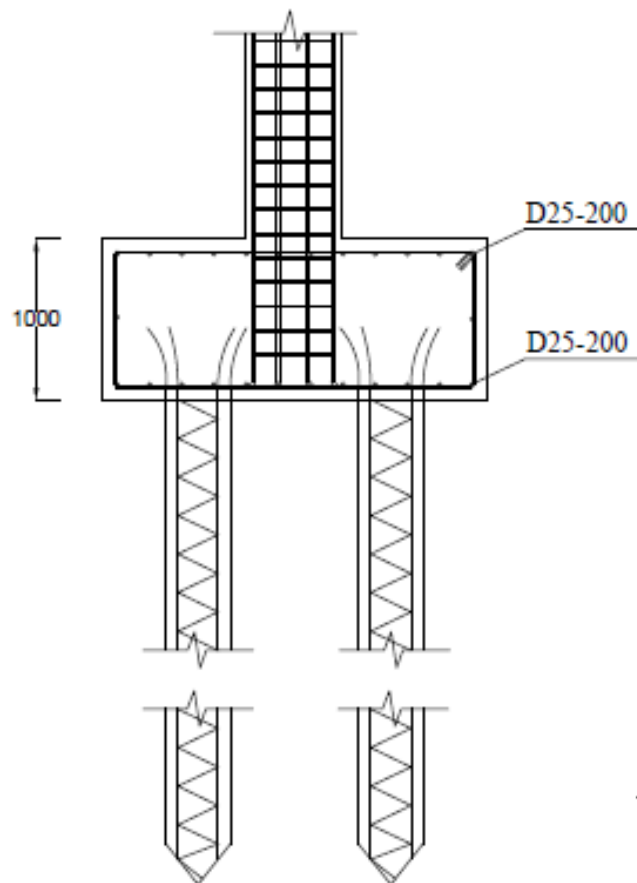
DETAIL ATAP

NOMOR  
GAMBAR

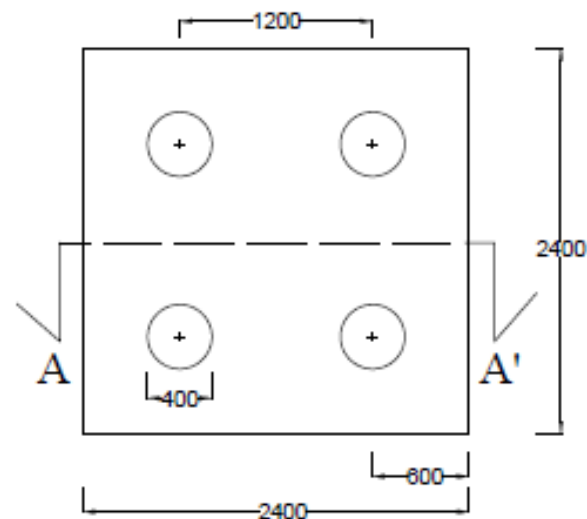
JUMLAH  
GAMBAR

11

12



**POTONGAN A-A'**  
SKALA 1: 50



**KONFIGURASI TIANG PANCANG**  
SKALA 1: 50



FAKULTAS TEKNIK SIPIL &  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

JAKARTA COMMUNITY  
STADIUM

NAMA & NRP MAHASISWA

IGNATIUS DIMAS W. W.  
3113100061

NAMA GAMBAR

POER DAN TIANG PANCANG

NOMOR  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

12

12



|   |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|
| 1: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO FINEWO - COMBINATION OF SPANDREL AND TRANSPARENT GLAZING - VERTICAL MULLIONS TO BE EXPRESSED | 4: BAINSCREEN CLADDING SYSTEM SUCH AS MARLEY ETERNITE EQUITONE - SECRET FIXED   | 7: LOUVRE/LOOK METAL CLADDING PANELS SUCH AS APOLLO/ ARCHITECTURAL PROFILES LOUVRE WALL PROFILE                                  | 10: ALUMINIUM STANDING SEAM SINGLE SEAM ROOF SYSTEM FIXED TO STRUCTURAL STEELWORK SUCH AS KALZIP; PROFILED PPC FACIA PANELS TO LEADING EDGE OF ALL ROOFS, FRONT AND BACK | 13: POWDER COATED STEEL ROLLER SHUTTER |
| 2: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO FINEWO/OK - TO BE APPLIED TO REOUT AND OFFICES   | 5: RED TRESPA METEON BAINSCREEN CLADDING; USED AS SOFFIT TO CANTILEVER ALSO - SECRET FIXED                            | 8: ALUMINIUM BRISE SOLAIS SOLAR SHADING SYSTEM FIXED TO SCHUCO FINEWO/ (1) SUCH AS LEVULUX LOUVRE 200x45mm SLATES WITH 35° ANGLE | 11: PANELISED ALUMINIUM SOFFIT AS PLASMIT PLANK SOFFIT SYSTEM TO UNDERSIDE OF EXTERNALLY EXPOSED ROOF (EAST, WEST + SOUTH)   | 14: POWDER COATED STEEL EXTERNAL DOORS |
| 3: POLYCARBONATE CLADDING SUCH RODECA ON PROPRIETARY FRAMING SYSTEM   | 6: SILICONE JOINT CURTAIN WALL TO AREA UNDER CANTILEVER AND ENTRANCE GLAZING SUCH AS SCHUCO SFC 65 STRUCTURAL GLAZING | 9: PRE-CAST TEXTURED CONCRETE PANEL WITH EMBOSSED PATTERN  | 12: CONCRETE BLOCKWORK SUCH AS UGNACRE - SLAC/STONE WEATHERED  | 15: PAINTED STRUCTURAL STEEL           |



1 SOUTH ELEVATION  
1:250

© 2006 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 260: 105–112

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |

Source: *U.S. Census Bureau, 1997*

---

PT 10 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 1000 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 10000 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 100000 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 1000000 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 10000000 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 100000000 總局(內務) 14-000000 00-00  
 PT 1000000000 總局(內務) 14-000000 00-00

ALL ACTIVITIES  
 OF THE  
 NATIONAL FLORIDA  
 ASSOCIATION OF  
 ARTISTS  
 11400 W. 15th AVE.  
 SUITE 100, WILMINGTON,  
 DE 19804-3000  
 TEL: 302/436-1000  
 FAX: 302/436-1001  
 WWW.NFAA-ARTISTS.ORG  
 CONTACT: 302/436-1000


**AFL**

|  |   |
|--|---|
| <p>Client<br/>         United River Developments Ltd</p> <p>Project<br/>  BRENTFORD<br/>         COMMUNITY STADIUM<br/>         Will there not a football stadium</p> <p>Location<br/>         Brentford Community Stadium<br/>         United River Road, London</p> | <p>Project<br/>         BRENTFORD<br/>         COMMUNITY STADIUM<br/>         Will there not a football stadium</p> |
|--|---|



1990-1991  
SOUTH AFRICA

Page 10/10

|                     |                 |                 |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| code (as indicated) | start (CC)      | duration (days) |
| duration (h)        | duration (days) |                 |
| code                | start (CC)      | duration (days) |

|  |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
| 1: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHCO FINISH - COMBINATION OF SPANDREL AND TRANSPARENT GLAZING - VERTICAL MULLIONS TO BE EXPRESSED | 4: RAINSCREEN CLADDING SYSTEM SUCH AS MARLEY STERNIT EQUIDIST - SECRET FIXED   | 7: LOUVRE LOOK METAL CLADDING PANELS SUCH AS ATFOLOP ARCHITECTURAL PROFILES LOUVRE WALL PROFILE                               | 10: ALUMINIUM STANDING SEAM SINGLE SLOPE ROOF SYSTEM FIXED TO STRUCTURAL STEELWORK SUCH AS KALZIP/ PROFILED PPC FASCIA PANELS TO LEADING EDGE OF ALL ROOFS, FRONT AND BACK. | 13: POWDER COATED STEEL ROLLER SHUTTER |
| 2: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHCO FINISH DE - TO BE APPLIED TO FRONT AND OFFICES   | 5: RED TRESPA MITRON RAINSCREEN CLADDING: USED AS SOFFIT TO CANTILEVER ALSO - SECRET FIXED                           | 8: ALUMINIUM BRISE SOLEIL SOLAR SHADING SYSTEM FIXED TO SCHCO FINISH (1) SUCH AS LEVOLOU LOUVRE 200x5mm BLADES WITH 35° ANGLE | 11: PANELISED ALUMINIUM SOFFIT AS PLASMIT PLANK SOFFIT SYSTEM TO UNDERSIDE OF EXTERNALLY EXPOSED ROOF (EAST, WEST + SOUTH)  | 14: POWDER COATED STEEL EXTERNAL DOORS |
| 3: POLYCARBONATE CLADDING SUCH RODECA ON PROPRIETARY FRAMING SYSTEM  | 6: SILICONE JOINT CURTAIN WALL TO AREA UNDER CANTILEVER AND ENTRANCE GLAZING SUCH AS SCHCO SPC 85 STRUCTURAL GLAZING | 9: PRE-CAST TEXTURED CONCRETE PANEL WITH EMBOSSED PATTERN   | 12: CONCRETE BLOCKWORK SUCH AS LIGNA CITE - BLACKSTONE WEATHERED  | 15: PAINTED STRUCTURAL STEEL           |

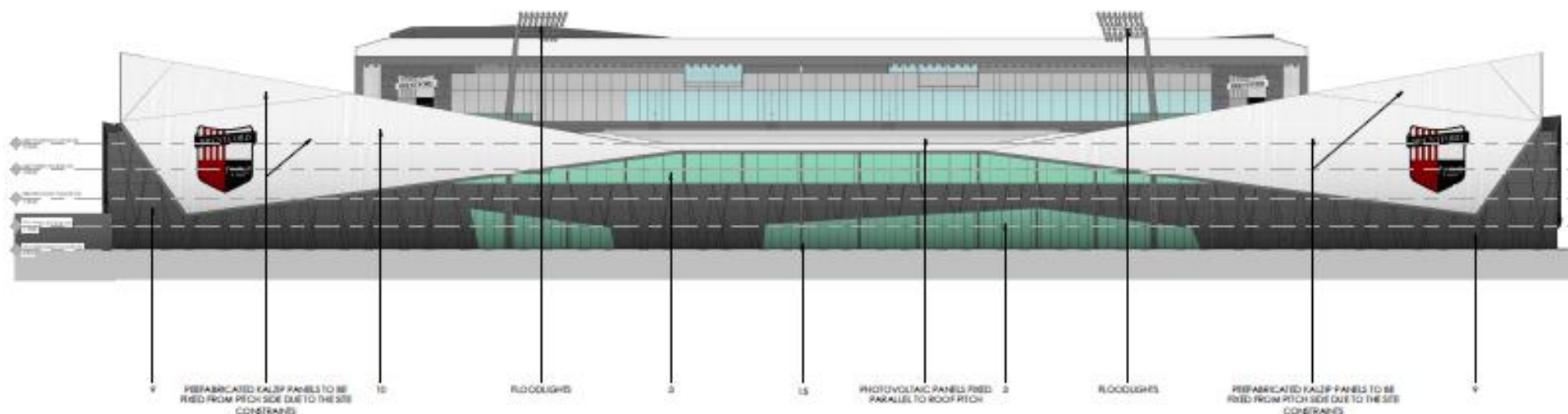


|                      |               |            |
|----------------------|---------------|------------|
| Order No. (Indicate) | Order No.     | Order Date |
| Customer No.         | Customer Name |            |
| Order No.            | Order No.     | Order No.  |



#### NATURALIS LEGEND:

- |   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| 1. CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHCOO PWSH - COMBINATION OF SPANDREL AND TRANSPARENT GLAZING - VERTICAL MULLIONS TO BE EXPRESSED | 4. RANGEROBY CLADDING SYSTEM SUCH AS HARLEY ETERNIT (SOUTHERN - SECRET FIXED)   | 7. LOUVRE LOCK METAL CLADDING PANELS SUCH AS ARTISAN ARCHITECTURAL PROFILES LOUVRE WALL PROFILE                             | 10. ALUMINIUM STANDING SEAM SINGLE SKIN ROOF SYSTEM FIXED TO STRUCTURAL STEELWORK SUCH AS KALZIP, PROVIDED PPC FASCIA PANELS TO LEADING EDGE OF ALL ROOFS, FRONT AND BACK. | 13. POWDER COATED STEEL ROLLER SHUTTER |
| 2. CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHCOO PWSH OR - TO BE APPLIED TO REOF AND OFFICE   | 5. RED TRISPA MOTION RANGEROBY CLADDING; - USED AS SORTE TO CANTEEN/EVER ALSO - SECRET FIXED                            | 8. ALUMINIUM BRSE SOLID SOLAR SHADING SYSTEM FIXED TO SCHCOO PWSH - (1) SUCH AS EVOLVER LOUVRE 2000mm BLADES WITH 30° ANGLE | 11. PANELISED ALUMINIUM SORTI AS PLAMET PLANK SORTI SYSTEM TO UNDERSIDE OF EXTERNALLY EXPOSED ROOF (EAST, WEST + SOUTH)  | 14. POWDER COATED STEEL EXTERNAL DOORS |
| 3. POLYCARBONATE CLADDING SUCH ROOFCA ON PROPRIETARY FRAMING SYSTEM   | 6. SILICONE JOINT CURTAIN WALL TO AREA UNDER CANTEEN/EVER AND ENTRANCE GLAZING SUCH AS SCHCOO SPC 80 STRUCTURAL GLAZING | 9. PRE-CAST TEXTURED CONCRETE PANELS WITH EMBOSSED PATTERN  | 12. CONCRETE BLOCKWORK SUCH AS USMACRE - BLACKSTONE WEATHERED  | 15. PAINTED STRUCTURAL STEEL           |

2. ROBUSTA TRANSLUCENTE  
POLYCARBONATE

8-PRE CAST CONCRETE PANEL WITH RECESSED PATTERNING



10' KATR 4540 STUCCO EMBOSSED STANDING SEAM ALUMINUM

1 NORTH ELEVATION

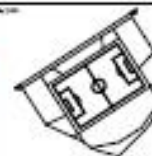
ALL INFORMATION CONTAINED HEREIN IS UNCLASSIFIED EXCEPT WHERE SHOWN OTHERWISE. DATE 08-20-2013 BY 60322 UCBAW/STP

100

- 27. 下列哪个不是 Python 的变量名？
- 28. 下列哪个不是 Python 的变量名？
- 29. 下列哪个不是 Python 的变量名？
- 30. 下列哪个不是 Python 的变量名？
- 31. 下列哪个不是 Python 的变量名？
- 32. 下列哪个不是 Python 的变量名？

**FL**

|  |   |
|--|---|
| <p>15661</p> <p><b>Liberal Road Developments Ltd</b></p>  <p><b>BRENTFORD<br/>COMMUNITY STADIUM</b><br/>More than just a football stadium</p> | <p>15662</p> <p><b>Brentford Community Stadium</b></p> <p>15663</p> <p><b>Liberal Road Sports, London</b></p> |
|--|---|

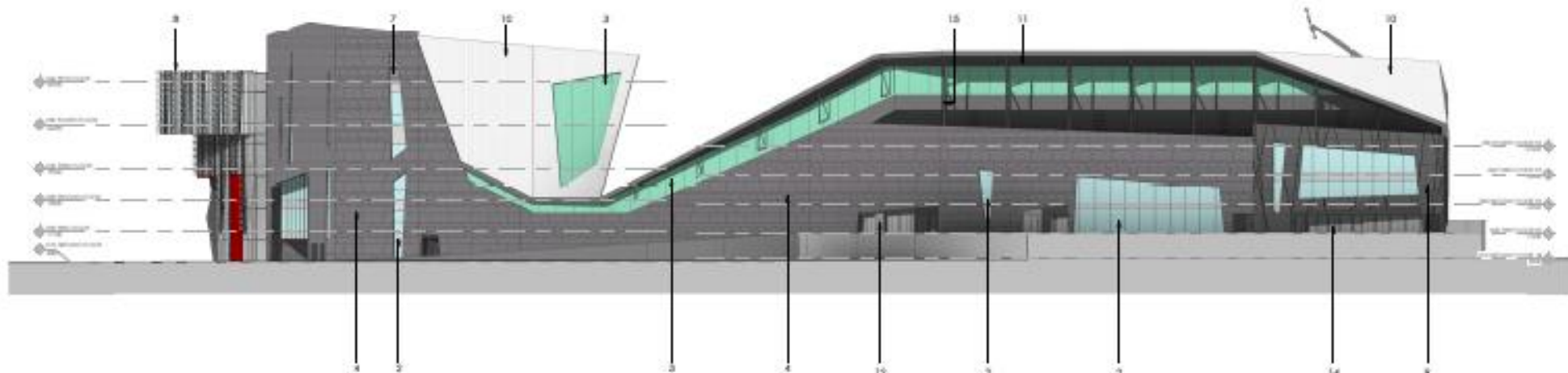


North Division

[illegible]

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| area for installation | area for installation |
| area for installation | area for installation |
| area for installation | area for installation |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| 1: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO PWSH4 + COMBINATION OF SPANDREL AND TRANSPIRE GLAZING - VERTICAL MULLIONS TO BE EXPRESSED | 4: RAINSCREEN CLADDING SYSTEM SUCH AS MARLEY INTERNE BOUTONE - SECRET FIXED  | 7: LOUVRE LOCK METAL CLADDING PANELS SUCH AS ALUCLARK ARCHITECTURAL PROFILE LOUVRE WALL PROFILE                                | 10: ALUMINUM STANDING SEAM SINGLE SKIN ROOF SYSTEM FIXED TO STRUCTURAL STEELWORK SUCH AS ALUPROFILED RVC FASCIA PANELS TO LEADING EDGE OF ALL ROOFS, FRONT AND BACK. | 13: POWDER COATED STEEL ROLLER SHUTTER |
| 2: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO PWSH4E - TO BE APPLIED TO RIGID AND OFFICE  | 5: RED TRISPA MITCHELL RAINSCREEN CLADDING: USED AS SOFFIT TO CANTILEVER ALSO - SECRET FIXED                         | 8: ALUMINUM BRISE SOLEIL SOLAR SHADING SYSTEM FIXED TO SCHUCO PWSH4 (1) SUCH AS LEVOLOUX LOUVRE 300x40mm SLATED WITH 30° ANGLE | 11: PANELIZED ALUMINUM SOFFIT AS PLASMIT PLANK SOFFIT SYSTEM TO UNDERSIDE OF EXTERNALLY EXPOSED ROOF (EAST, WEST + SOUTH)  | 14: POWDER COATED STEEL EXTERNAL DOORS |
| 3: POLYCARBONATE CLADDING SUCH ROOFTECA ON PROPRIETARY FRAMING SYSTEM  | 6: SLIDING JOINT CURTAIN WALL TO AREA UNDER CANTILEVER AND ENTRANCE GLAZING SUCH AS SCHUCO SFC 05 STRUCTURAL GLAZING | 9: PRE-CAST TEXTURED CONCRETE PANEL WITH EMBOSSED PATTERN  | 12: CONCRETE BLOCKWORK SUCH AS UGNACITE - BLACKSTONE WEATHERED   | 15: PAINTED STRUCTURAL STEEL           |



2: POLYCARBONATE



#### 4. POLYMER COMPOSITE PANEL BOARD RADIOGRAPHIC CLADDING



R: PRE-CAST CONCRETE PANEL WITH RECESSED PATTERNING



10. KALIP 65400 STUCCO EMBOSSED STANDING SEAM ALUMINUM

12: LIGNITE BLACKSTONE  
WEATHERED CONCRETE BLOCK

1 EAST ELEVATION  
1 : 250

Any trademark, service mark, or trade name appearing on this page is the property of its owner and is used under license. All other trademarks are the property of their respective owners.

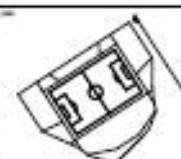
---

\_\_\_\_\_

- 19. [19. \*Chlorophyll a fluorescence\*](#)
- 20. [20. \*Light-harvesting complex\*](#)
- 21. [21. \*Photosynthesis: electron transport and\*](#)
- 22. [22. \*photosynthesis: electron transport and\*](#)
- 23. [23. \*photosynthesis: ATP synthesis\*](#)
- 24. [24. \*Photosynthesis: water splitting\*](#)
- 25. [25. \*Photosynthesis: light reactions\*](#)

4750 South  
 10th Ave.  
 10th Floor Suite 1000  
 Denver, CO 80202  
 Tel: 303.733.1111  
 Fax: 303.733.1112  
 E-mail: [info@afu.com](mailto:info@afu.com)  
 Web: [www.afu.com](http://www.afu.com)  
 © 2000 AFU

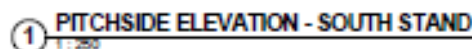
|   |  |
|---|--|
| <p>  <b>BRENTFORD<br/>COMMUNITY STADIUM</b><br/> <small>Make Your Park a Community Club</small> </p> | <p> <b>Brentford Community Stadium</b><br/> <small>Upton Road (South), London</small> </p> |
|---|--|



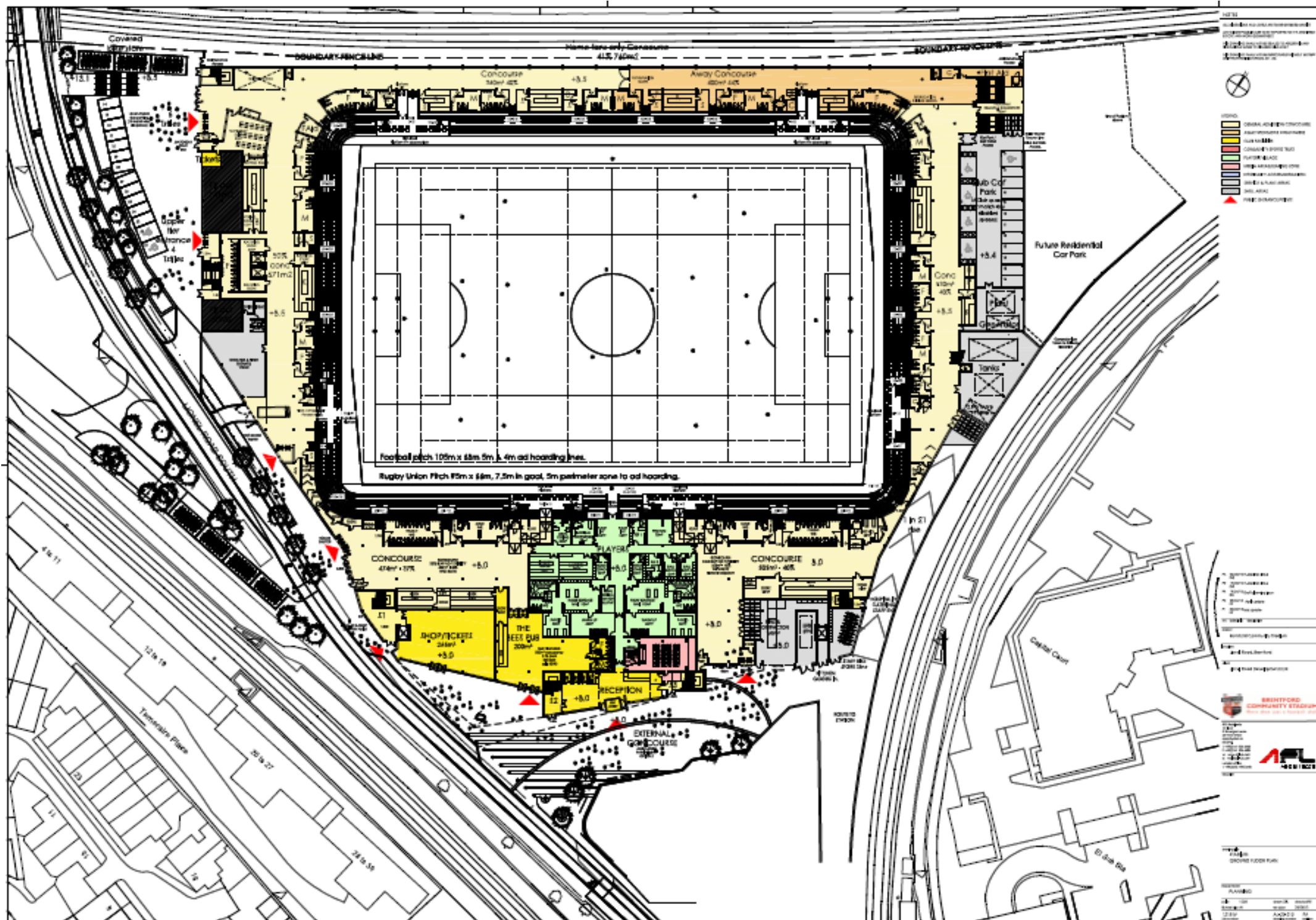
Addressing the  
BART SITUATION

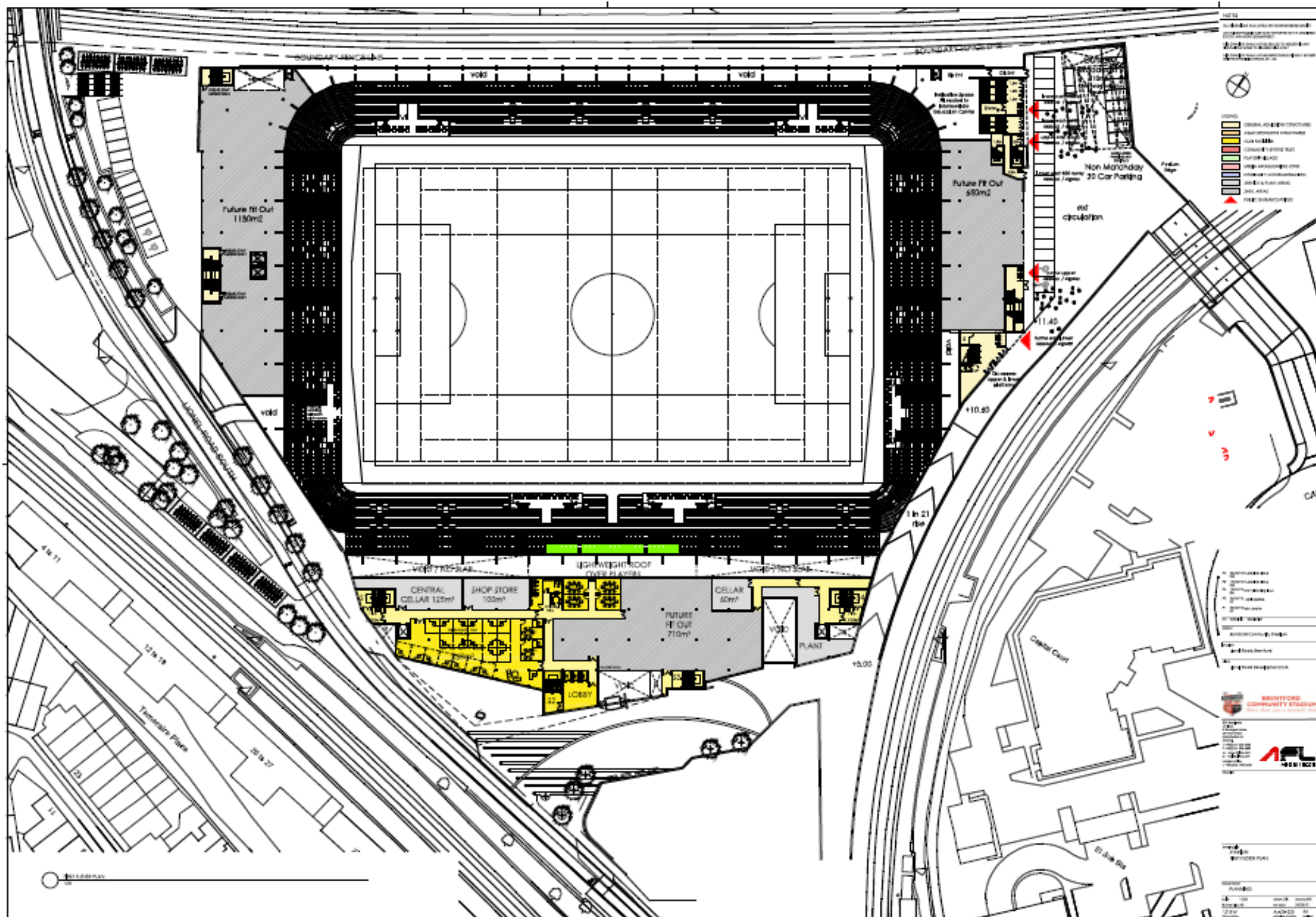
|                                      |                              |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <p>Project Name: <b>PLANNING</b></p> |                              |                              |
| <p>Area: <b>PLANNING</b></p>         | <p>Area: <b>PLANNING</b></p> | <p>Area: <b>PLANNING</b></p> |

|  |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| 1: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO PWS4+ - COMBINATION OF SPANDREL AND TRANSPARENT GLAZING - VERTICAL MULLIONS TO BE EXPRESSED | 4: RAINSCREEN CLADDING SYSTEM SUCH AS MARLEY ETERNIT EQUITONE - SECRET FIXED                      | 7: LOUVRE LOOK METAL CLADDING PANELS SUCH AS APOLLO ARCHITECTURAL PROFILE LOUVRE WALL PROFILE                                   | 10: ALUMINIUM STANDING SEAM SHEET SON ROOF SYSTEM FIXED TO STRUCTURAL STEELWORK SUCH AS KALP; PROFILED PPC FASCIA PANELS TO LEADING EDGE OF ALL ROOFS, FRONT AND BACK. | 13: POWDER COATED STEEL ROLLER SHUTTER |
| 2: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO PWS4+DK - TO BE APPLIED TO REJOUT AND OFFICES   | 5: RED TRESPA MITCHELL RAINSCREEN CLADDING; USED AS SOFFIT TO CANILEVER ALSO - SECRET FIXED       | 8: ALUMINIUM BRISE SOLEIL SOLAR SHADING SYSTEM FIXED TO SCHUCO PWS4+ (1) SUCH AS LEVOLOUX LOUVRE 300x45mm BLADES WITH 30° ANGLE | 11: PANELIZED ALUMINIUM SOFFIT AS PLASMET PLANK SOFFIT SYSTEM TO UNDERSIDE OF EXTERNALLY EXPOSED ROOF (EAST, WEST + SOUTH)   | 14: POWDER COATED STEEL EXTERNAL DOORS |
| 3: POLYCARBONATE CLADDING SUCH RODECA ON PROPRIETARY FRAMING SYSTEM  | 6: SILICONE JOINT CURTAIN WALL TO AREA UNDER CANILEVER AND INBRANCE GLAZING SUCH AS SCHUCO PWS 8C | 9: PRE-CAST TEXTURED CONCRETE PANEL WITH EMBOSSED PATTERN   | 12: CONCRETE BLOCKWORK SUCH AS UGNACIE - BLACKSTONE WEATHERED  | 15: PAINTED STRUCTURAL STEEL           |











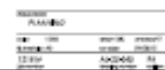


76. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 77. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 78. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 79. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 80. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 81. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 82. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 83. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 84. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 85. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 86. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 87. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 88. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 89. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 90. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 91. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 92. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 93. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 94. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 95. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 96. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 97. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 98. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 99. ☐ **QUESTION** **ANSWER**  
 100. ☐ **QUESTION** **ANSWER**



1000  
 1000  
 1000

| RESEARCH PLAN |       |            |            |
|---------------|-------|------------|------------|
| DATE          | TIME  | RESEARCHER | RESEARCHER |
| 12-10-12      | 10:00 | 12-10-12   | 12-10-12   |
| 12-10-12      | 10:00 | 12-10-12   | 12-10-12   |





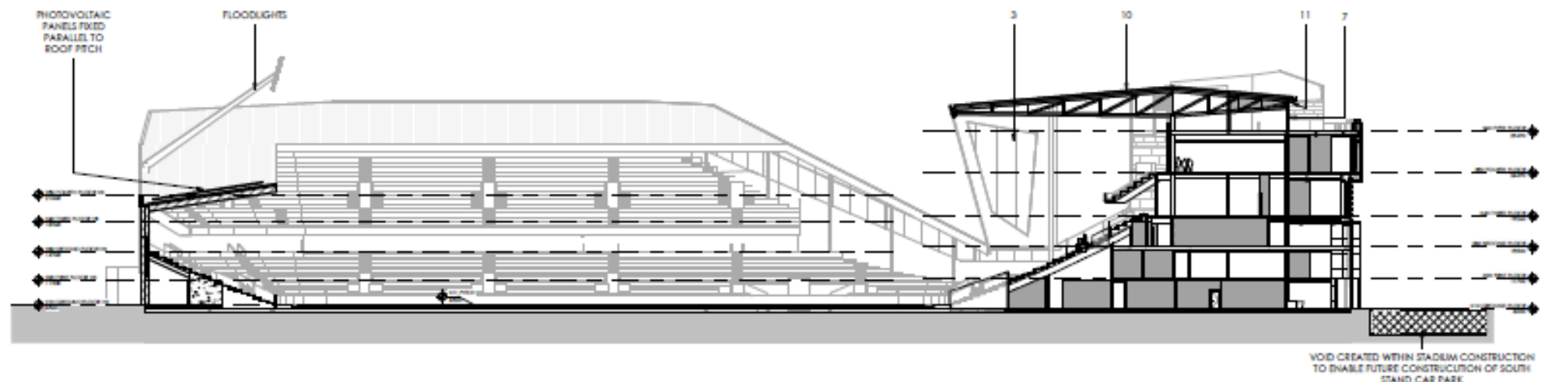




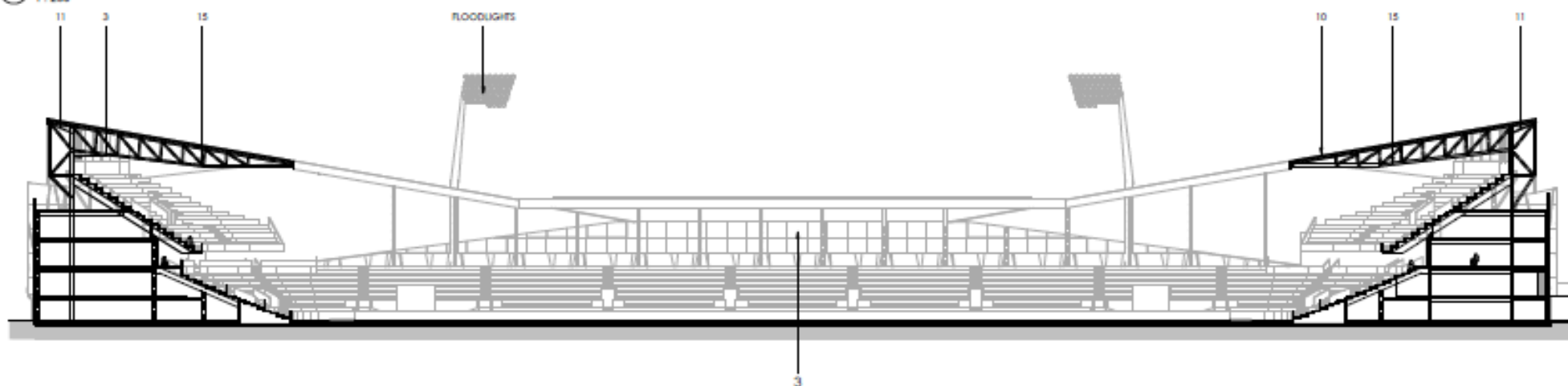


# MATERIALS LEGEND:

- 1: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO FW50+ - COMBINATION OF SPANDREL AND TRANSPARENT GLAZING - VERTICAL MULLIONS TO BE DERESSED
- 2: CURTAIN WALLING SYSTEM SUCH AS SCHUCO FW50+DK - TO BE APPLIED TO FRONT AND OFFICES
- 3: POLYCARBONATE CLADDING SUCH RODECA ON PROPRIETARY FRAMING SYSTEM
- 4: RAINSCREEN CLADDING SYSTEM SUCH AS MARLEY ETERNIT EQUITONE - SECRET FIXED
- 5: RED TRESPA METEON RAINSCREEN CLADDING; USED AS SOFFIT TO CANTILEVER ALSO - SECRET FIXED
- 6: SILICONE JOINT CURTAIN WALL TO AREA UNDER CANTILEVER AND ENTRANCE GLAZING SUCH AS SCHUCO SFC 65; STRUCTURAL GLAZING
- 7: LOUVRE LOOK METAL CLADDING PANELS SUCH AS AP70LCP ARCHITECTURAL PROFILES LOUVRE WALL PROFILE
- 8: ALUMINIUM BRSE SOLID SOLAR SHADING SYSTEM FIXED TO SCHUCO FW50+ (1) SUCH AS LEVOILUX LOUVRE 200x45mm BLADES WITH 30° ANGLE
- 9: PRE-CAST TEXTURED CONCRETE PANEL WITH EMBOSSED PATTERN
- 10: ALUMINIUM STANDING SEAM SINGLE SKIN ROOF SYSTEM FIXED TO STRUCTURAL STEELWORK SUCH AS KALZIP- PROFILED PPC FASCIA PANELS TO LEADING EDGE OF ALL ROOFS, FRONT AND BACK.
- 11: PANELISED ALUMINIUM SOFFIT AS PLASMET PLANK SOFFIT SYSTEM TO UNDERSIDE OF EXTERNALLY EXPOSED ROOF (EAST, WEST + SOUTH)
- 12: CONCRETE BLOCKWORK SUCH AS LIGNACITE - BLACKSTONE WEATHERED
- 13: POWDER COATED STEEL ROLLER SHUTTER
- 14: POWDER COATED STEEL EXTERNAL DOORS
- 15: PAINTED STRUCTURAL STEEL



1 NORTH SOUTH SECTION  
1:250



2 EAST WEST SECTION  
1:250

ALL DIMENSIONS AND SPACING ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE STATED. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE STATED. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE STATED. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE STATED.

BY: [Signature]

BY: [Signature]

PL: [Signature]  
 PE: [Signature]  
 PO: [Signature]  
 PS: [Signature]  
 PT: [Signature]  
 PU: [Signature]

**AFL**  
 ARCHITECTS

Client: Brentford Community Stadium Ltd  
 Project: BRENTFORD COMMUNITY STADIUM  
 Phase: [Signature]  
 Location: Brentford Community Stadium  
 Address: [Signature]



Drawing No: [Signature]  
 Drawing Title: [Signature]  
 Drawing Date: [Signature]  
 Drawing Scale: [Signature]  
 Drawing Status: [Signature]



Ignatius Dimas Wicaksono Witan,  
Penulis dilahirkan di Jakarta 31 Juli 1995, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di TK Maria Yashinta (Bekasi), SD Strada Nawar (Bekasi), SMP Bunda Hati Kudus (Bogor), dan SMA Bunda Hati Kudus (Bogor). Penulis diterima pada Departemen Teknik Sipil ITS melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 3113 100 061. Di Departemen Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi bangunan beton. Penulis cukup aktif mengikuti kegiatan yang ada didalam Himpunan Mahasiswa Sipil maupun diluar Himpunan Mahasiswa Sipil.